

**POLITECNICO DI MILANO**  
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica  
Dipartimento di Elettronica e Informazione



**BLISS 2003: UN SISTEMA DI  
ASSISTIVE TECHNOLOGY IN AIUTO  
AI DISABILI VERBALI**

**PM - AI & R LABORATORY**  
Laboratorio di Intelligenza Artificiale  
e Robotica del Politecnico di Milano

**Relatore: Prof. Licia SBATTELLA**  
**Correlatore: Ing. Nicola GATTI**  
**Correlatore: Ing. Matteo MATTEUCCI**  
**Correlatore esterno: Dott.sa Maria Luisa GAVA**

**Tesi di Laurea di:**  
**Davide DANZI, matricola 636839**  
**Giorgio GATTI, matricola 636841**

**Anno Accademico 2002-2003**



*A Te  
che nonostante tutto  
riesci sempre a sorridere  
e a far sorridere*

“... capire il fiume è ricercare la sua sorgente. Conoscere la sorgente è entrare nell'affascinante mistero delle sue variabilità ..., lasciandosi trascinare dalla propria curiosità. Ma la curiosità è essa stessa una sorgente che zampilla più viva quando si accosta ad un'altra sorgente e, se questa non c'è, spinge a cercarla. Ogni creatura vivente è dunque un fiume e una sorgente insieme, dipende da chi la osserva e da come la si guarda: chi ha fretta può vedere solo la forma apparente, momentanea (il letto del fiume), chi è curioso può risalire fino alla sorgente o ritrovarne le tracce nella forma apparente.”

*(tratto da “ La sorgente ” di G. Salvini)*



# Sommario

Il presente lavoro prende spunto dal sistema Bliss2000, implementazione informatica di uno specifico linguaggio di Comunicazione Aumentativa Alternativa (AAC), frutto della collaborazione tra il prof. Somalvico e la Dott.sa Gava, psicologa della comunicazione.

Lo scopo di questa tesi è di proporre una nuova versione di questo strumento informatico con una serie di nuove funzionalità e modalità d'uso che partono da un'attenta analisi dei bisogni e delle esigenze degli utenti. L'intero processo di sviluppo è supportato da una preziosa sperimentazione sul campo presso alcuni centri specializzati, in cui si è potuto verificare l'efficacia della nuova versione direttamente sugli utenti che la usano.

In particolare l'aspetto innovativo della tesi si focalizza sull'implementazione di un Assistente Compositore che aiuta il disabile verbale nella costruzione della frase da comunicare, mediante l'uso di un sistema di predizione basato su tecniche di machine learning.

I risultati sperimentali ottenuti hanno confermato la versatilità, l'efficacia e la facilità d'uso del sistema che grazie all'Assistente Compositore comporta una notevole riduzione dei tempi e delle energie impiegate.



# Ringraziamenti

Il nostro primo pensiero va a quella mente sublime che è stato il prof. Marco Somalvico, filosofo e intraprendente scienziato di fama internazionale, professore originale capace di venti citazioni cinematografiche in un'ora di lezione, pioniere al Politecnico di progetti dedicati ai disabili, che ci ha permesso di iniziare questo lavoro di tesi.

Un particolare riconoscimento, accompagnato da una sincera dose di stima, alla prof.ssa Licia Sbattella, per la fiducia dimostrata come direttrice d'orchestra a concerto iniziato. Standing ovation per il tridente formato da Nicola, che da buon surfista ha resistito, senza affondare, alle nostre riunioni mattone; Matteo, il guru del machine learning; la dott.ssa Gava per gli impagabili consigli di psicologa ed esperta di AAC.

Un ringraziamento al personale del PoloH e del Servizio di Neuropsichiatria Infantile, in modo speciale a Ilaria, Max, Claudio, Cristina, Enrico e Cristina per la disponibilità e l'interesse mostrato. Grazie a Elena per la pazienza avuta come web designer e a tutti i ragazzi della 1<sup>a</sup>A del Liceo Artistico.

Per ultima, ma come avviene nelle premiazioni, la prima sul podio, Elisa, a cui spetta un mare di gratitudine, perchè insieme a Carmen e Luciano, è stata un punto di riferimento per tutta la tesi, ma prima di tutto una nuova compagna di vita.

Ai miei genitori i quali ,chissà come, hanno sempre trovato un buon motivo per credere in me. A Giorgio, per essere stato per undici anni un compagno esemplare ma soprattutto per essere diventato un amico speciale. A Silvia, per avermi regalato l'ultima chiave mancante per aprire la porta del mondo dei sogni.  
A tutti..... grazie di cuore !

*Davide*

Grazie ai miei genitori e a Manuele, per i quali spesso sono stato un fantasma. Grazie a Davide, per avermi sopportato in questi anni, perchè nonostante fisicamente non pesi molto, so, a volte, di essere pesante. Grazie ai pochi ma veri Amici che ho, che con una parola, un pensiero, una presenza o in un qualunque altro modo sono stati la mia luce in questi anni. Grazie !

*Giorgio*



# Indice

<b>Sommario</b>	<b>5</b>
<b>Ringraziamenti</b>	<b>7</b>
<b>Indice</b>	<b>9</b>
<b>Indice delle figure</b>	<b>13</b>
<b>Indice delle tabelle</b>	<b>21</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>23</b>
<b>2 Stato dell'Arte</b>	<b>29</b>
2.1 Introduzione . . . . .	30
2.2 Contesto Applicativo . . . . .	31
2.2.1 La Comunicazione . . . . .	31
2.2.2 I problemi dei disabili verbali . . . . .	37
2.2.3 Augmentative Alternative Communication (AAC)	42
2.2.4 Sistema di Comunicazione Bliss . . . . .	48
2.3 Aiuto Informatico . . . . .	59
2.3.1 Intelligenza Artificiale e Handicap . . . . .	59
2.3.2 Sistemi informatici commerciali di AAC . . . . .	67
<b>3 Impostazione del Progetto Bliss2003</b>	<b>93</b>
3.1 Introduzione . . . . .	94
3.2 Stato di funzionamento del Bliss2000 . . . . .	94
3.2.1 Scelte progettuali . . . . .	94
3.2.2 Ambienti di lavoro . . . . .	96
3.2.3 Architettura Software . . . . .	101
3.3 Fase di Testing e Debugging del Bliss2000 . . . . .	104
3.3.1 Obiettivi e requisiti dell'attività di verifica . . . . .	104
3.3.2 Reingegnerizzazione . . . . .	108
3.3.3 Modalità operative . . . . .	113

3.4	Studio delle caratteristiche del Bliss2003 . . . . .	120
3.4.1	Valutazione delle esigenze . . . . .	120
3.4.2	Specifiche delle nuove funzionalità . . . . .	128
3.4.3	Criteri di realizzazione software . . . . .	133
<b>4</b>	<b>Assistente Compositore</b>	<b>139</b>
4.1	Introduzione . . . . .	140
4.2	Stato dell'arte . . . . .	140
4.2.1	Importanza della scansione . . . . .	140
4.2.2	Modalità di controllo . . . . .	142
4.2.3	Metodi di scansione . . . . .	143
4.2.4	Tecniche di predizione . . . . .	145
4.2.5	Sistema di scansione in Bliss2000 . . . . .	147
4.3	Caratteristiche dell'Assistente Compositore . . . . .	148
4.4	Analisi e specifica dei requisiti . . . . .	149
4.5	Principi di funzionamento . . . . .	150
4.5.1	Modello Probabilistico . . . . .	151
4.5.2	Fase di Training . . . . .	169
4.5.3	Fase di Adaptation . . . . .	177
4.6	Progettazione e sviluppo software . . . . .	178
<b>5</b>	<b>Altre principali estensioni di Bliss2003</b>	<b>183</b>
5.1	Introduzione . . . . .	184
5.2	Interfaccia Iconografica . . . . .	184
5.2.1	Specifiche dei requisiti . . . . .	184
5.2.2	Progettazione e realizzazione . . . . .	187
5.3	Sintesi Vocale in aiuto alla selezione . . . . .	192
5.3.1	Specifiche dei requisiti . . . . .	192
5.3.2	Progettazione e realizzazione . . . . .	193
5.4	Caratterizzazione simbolica . . . . .	194
5.4.1	Specifiche dei requisiti . . . . .	194
5.4.2	Implementazione . . . . .	195
5.5	Altre funzionalità aggiunte . . . . .	196
5.5.1	Esportazione di simboli Bliss in MsWord . . . . .	196
5.5.2	Esportazione/Importazione tabella personale . . . . .	200
<b>6</b>	<b>Risultati e test sperimentali</b>	<b>203</b>
6.1	Introduzione . . . . .	204
6.2	Sperimentazione sul campo . . . . .	204
6.2.1	Collaborazione con centri specializzati . . . . .	205
6.2.2	Caso di studio . . . . .	208
6.3	Valutazione dell'Assistente Compositore . . . . .	212
6.3.1	Condizioni di test . . . . .	213

6.3.2	Prestazioni . . . . .	213
6.4	Misura dell'efficacia . . . . .	215
6.4.1	Metodo IPPA . . . . .	215
6.4.2	Ripresa Metodo MPT . . . . .	217
<b>7</b>	<b>Conclusioni e sviluppi futuri</b>	<b>221</b>
7.1	Introduzione . . . . .	222
7.2	Conclusioni . . . . .	222
7.3	Possibili futuri ampliamenti . . . . .	224
7.3.1	Palmare . . . . .	227
7.3.2	Ubiquitous Computing . . . . .	228
7.3.3	Modulo Chat . . . . .	231
7.3.4	Maggior integrazione con Internet . . . . .	233
7.3.5	Miglioramento interfaccia per posta elettronica .	233
7.3.6	Potenziamento della scansione . . . . .	233
7.3.7	Aggiornamento sintesi vocale . . . . .	234
7.3.8	Integrazione di interfacce innovative . . . . .	235
7.3.9	Testing Bliss2003 . . . . .	235
<b>A</b>	<b>Panoramica sui principali Ausili informatici per la co-</b>	
	<b>municazione</b>	<b>247</b>
A.1	Definizione di Ausilio . . . . .	247
A.2	L'importanza degli Ausili . . . . .	248
A.3	Vocal Output Communication Aids (VOCAs) . . . . .	250
A.3.1	Alcuni prodotti commerciali . . . . .	250
A.4	Sensori . . . . .	256
A.4.1	Alcuni prodotti commerciali . . . . .	256
A.5	Sistemi di puntamento . . . . .	270
A.5.1	Alcuni prodotti commerciali . . . . .	271
<b>B</b>	<b>Modelli Markoviani</b>	<b>281</b>
B.1	Hidden Markov Model (HMM) . . . . .	281
B.1.1	Problema 1: Evaluation Problem . . . . .	286
B.1.2	Problema 2: Decoding Problem . . . . .	288
B.1.3	Problema 3: Estimation Problem . . . . .	289
B.2	AutoRegressive Hidden Markov Model (AR-HMM) . .	295
<b>C</b>	<b>Lo strumento MPT (Matching Person and Technology)</b>	<b>299</b>
C.1	Caratteristiche generali . . . . .	299
C.2	Le componenti del sistema . . . . .	300
C.2.1	Il foglio di lavoro MPT . . . . .	301
C.2.2	SOTU (Survey Of Technology Use) . . . . .	301

C.2.3	ATD PA (Assistive Technology Device Predisposition Assessment) . . . . .	301
C.2.4	ET PA (Educational Technology Predisposition Assessment) . . . . .	302
C.2.5	WT PA (Workplace Tecnology Predisposition Assessment) . . . . .	303
C.2.6	HCT PA (Health Care Tecnology Predisposition Assessment) . . . . .	318

## Elenco delle figure

2.1	Indagine statistica sulle cause della disabilità verbale . . .	38
2.2	Distribuzione d'età di una popolazione disabile verbale . . .	38
2.3	Tabelle per la AAC . . . . .	45
2.4	Esempio di VOCAs . . . . .	45
2.5	Software di comunicazione . . . . .	46
2.6	Esempio di simboli Bliss . . . . .	46
2.7	Esempio di simboli PCS . . . . .	47
2.8	Esempio di simboli PIC . . . . .	47
2.9	Esempio di simboli PICSYMS . . . . .	47
2.10	Esempio di simboli CORE . . . . .	47
2.11	Esempio di simbolo REBUS . . . . .	48
2.12	Charles K. Bliss . . . . .	49
2.13	Gli 11 caratteri lineari . . . . .	51
2.14	Alcuni simboli ottenuti con i caratteri lineari . . . . .	51
2.15	I 6 simboli arbitrari . . . . .	52
2.16	Gli 8 simboli grafici . . . . .	52
2.17	La dimensione di un simbolo ne cambia il significato . . .	53
2.18	La posizione di un simbolo ne cambia il significato . . .	54
2.19	L'orientamento di un simbolo ne cambia il significato . .	54
2.20	La spaziatura di un simbolo ne cambia il significato . . .	54
2.21	La reciproca disposizione ne cambia il significato . . . .	55
2.22	Esempio d'uso dell'indicatore di cosa . . . . .	55
2.23	Esempio d'uso dell'indicatore di azione . . . . .	55
2.24	Esempio d'uso dell'indicatore di valutazione . . . . .	55
2.25	Esempio d'uso dell'indicatore di plurale . . . . .	56
2.26	Esempio d'uso degli indicatori dei tempi verbali . . . . .	56
2.27	Esempio di simboli composti per sovrapposizione . . . .	57
2.28	Esempio di simboli composti in sequenza . . . . .	57
2.29	Esempio di simboli combinati . . . . .	57
2.30	Linguaggi alternativi a confronto . . . . .	58
2.31	Scuola in simbolo Bliss . . . . .	58
2.32	Esempi di caratterizzazione del simbolo scuola . . . . .	58
2.33	Caricatura del Prof. M. Somalvico . . . . .	61

2.34	Rappresentazione simbolica dell'IA . . . . .	61
2.35	Ambiente blu di APBliss89 . . . . .	63
2.36	BlissTutor . . . . .	64
2.37	Interfaccia grafica di Bliss per Win 3.1 . . . . .	65
2.38	Ambiente blu di Bliss2000 . . . . .	66
2.39	Bliss for Windows©, composizione di messaggi . . . . .	69
2.40	Bliss for Windows©, particolare dei simboli . . . . .	69
2.41	Bliss Cat . . . . .	70
2.42	Blissymbolic Webpage Editor . . . . .	71
2.43	Assistant . . . . .	72
2.44	Clicker 4 . . . . .	73
2.45	Clicker 4 . . . . .	73
2.46	Comunica . . . . .	74
2.47	Comunica . . . . .	75
2.48	Gus! Multimedia Speech System . . . . .	76
2.49	INTER_COMM . . . . .	76
2.50	JTalker . . . . .	77
2.51	Mind Express 3.0 . . . . .	78
2.52	Mind Express 3.0 . . . . .	78
2.53	Personal Communicator . . . . .	79
2.54	Personal Communicator . . . . .	79
2.55	Pictocom SE . . . . .	80
2.56	Pictocom SE . . . . .	80
2.57	Pictocom SE . . . . .	81
2.58	Picture . . . . .	82
2.59	Picture . . . . .	82
2.60	Picture . . . . .	83
2.61	Speaking Dynamically Pro . . . . .	83
2.62	Speaking Dynamically Pro . . . . .	84
2.63	Symbol for Windows© . . . . .	84
2.64	Symbol for Windows© . . . . .	85
2.65	SymbolMail . . . . .	85
2.66	SymbolMail . . . . .	86
2.67	Talk About . . . . .	87
2.68	Talking Screen . . . . .	87
2.69	Vocab+8 . . . . .	88
2.70	WinSpeak . . . . .	89
2.71	Writing With Symbols 2000 . . . . .	90
2.72	Writing With Symbols 2000 . . . . .	90
2.73	Chat PC . . . . .	91
2.74	IconSpeak . . . . .	92
3.1	Struttura dell'interfaccia utente di Bliss2000 . . . . .	96

3.2	Ambiente blu di Bliss2000 . . . . .	97
3.3	Ambiente nero di Bliss2000 . . . . .	98
3.4	Ambiente rosso di Bliss2000 . . . . .	99
3.5	Ambiente giallo di Bliss2000 . . . . .	99
3.6	Ambiente verde di Bliss2000 . . . . .	100
3.7	Ambiente magenta di Bliss2000 . . . . .	101
3.8	Ambiente grigio di Bliss2000 . . . . .	101
3.9	Moduli componenti Bliss2000 . . . . .	103
3.10	Sintesi delle classi componenti Bliss2000 . . . . .	105
3.11	Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo ai singoli componenti e ai rispettivi utilizzatori . . . . .	109
3.12	Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alla strutturazione degli ambienti e degli utilizzatori . . . . .	109
3.13	Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alle funzionalità offerte al disabile . . . . .	110
3.14	Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alle funzionalità offerte al terapeuta . . . . .	111
3.15	Class Diagram di alto livello del Bliss2000 . . . . .	111
3.16	Class Diagram di basso livello del Bliss2000 . . . . .	112
3.17	Sequence Diagram relativa alla creazione di una frase e lettura vocale . . . . .	113
3.18	Sequence Diagram relativo all'apertura di una frase e invio come email . . . . .	113
3.19	Sequence Diagram relativo alla creazione del simbolo "orecchino" . . . . .	114
3.20	Sequence Diagram per ricercare un simbolo e inserirlo in tabella . . . . .	115
3.21	Sequence Diagram relativo al cambio utente attivo . . . . .	115
3.22	Il modello a spirale del ciclo di vita del software . . . . .	116
3.23	Distribuzione di probabilità del tempo di guasto . . . . .	118
3.24	Densità di probabilità del tempo di guasto . . . . .	119
3.25	Andamento del tasso di rischio . . . . .	119
3.26	Andamento del tasso di rischio nel Modello di Musa . . . . .	120
3.27	Andamento del tempo di guasto nel Modello di Musa . . . . .	121
3.28	Ciclo di vita a cascata . . . . .	134
3.29	Microsoft Visual C++ 6.0 . . . . .	137
4.1	Scansione implementata in Bliss2000 . . . . .	148
4.2	HMM classico con un esempio di possibile distribuzione di probabilità . . . . .	152
4.3	Esempio di indipendenza della probabilità di emissione . . . . .	153
4.4	Esempio di indipendenza della probabilità di transizione . . . . .	153
4.5	HMM fully-connected . . . . .	154

4.6	Rete semantica della categoria Verbi . . . . .	156
4.7	Rete semantica della categoria Avverbi . . . . .	157
4.8	Rete semantica della categoria Aggettivi . . . . .	158
4.9	Rete semantica della categoria Sostantivi . . . . .	159
4.10	Rete semantica della categoria Persone . . . . .	160
4.11	Rete semantica della categoria Punteggiatura . . . . .	161
4.12	HMM con sottocategorie . . . . .	162
4.13	Connessione tra due sottocategorie senza dipendenza dal- l'ultimo simbolo . . . . .	162
4.14	Connessione tra due sottocategorie con dipendenza dal- l'ultimo simbolo . . . . .	163
4.15	Confronto tra HMM (sopra) e AR-HMM (sotto) . . . . .	163
4.16	DAR-HMM compatto . . . . .	165
4.17	DAR-HMM . . . . .	166
4.18	Matrice di emissione . . . . .	167
4.19	Passi della fase di Training . . . . .	170
4.20	Andamento dell'errore sulla classificazione del validation set . . . . .	174
4.21	Esempio di possibile problema di minimo locale . . . . .	174
4.22	Esempio di possibile problema di minimo locale . . . . .	175
4.23	Esempio di possibile problema di minimo locale . . . . .	176
4.24	Filtraggio del Training Set (pre-processing) . . . . .	177
4.25	Interfaccia grafica dell'Assistente Compositore . . . . .	179
4.26	Use Case Diagram dell'Assistente Compositore . . . . .	180
4.27	Class Diagram dell'Assistente Compositore . . . . .	180
4.28	Class Diagram interfaccia Bliss2003 con Assistente Com- positore . . . . .	181
5.1	Barra degli strumenti principale . . . . .	185
5.2	Barra strumenti dell'ambiente Dialogo (Blu) . . . . .	185
5.3	Barra strumenti dell'ambiente Lavagna (Nero) . . . . .	186
5.4	Barra strumenti dell'ambiente Dizionario (Giallo) . . . . .	187
5.5	Barra strumenti dell'ambiente Costruzione Tabella (Rosso) . . . . .	188
5.6	Barra strumenti dell'ambiente Editore simboli (Verde) . . . . .	189
5.7	Barra strumenti dell'ambiente Simboli combinati (Ma- genta) . . . . .	190
5.8	Barra strumenti dell'ambiente Opzioni (Grigio) . . . . .	191
5.9	Tasto di esportazione in MsWord e Barra scelta modalità . . . . .	198
6.1	Esempio di frase Bliss composta da Elisa . . . . .	210
6.2	Esempio di frase Bliss composta da Elisa . . . . .	211
6.3	Prestazioni dell'Assistente Compositore . . . . .	214

7.1	Use Case Diagram del Portable Bliss2003 . . . . .	229
7.2	Use Case Diagram di un ambiente intelligente intera- gente con un individuo che vi risiede . . . . .	230
7.3	Use Case Diagram di un ambiente intelligente per un disabile verbale . . . . .	230
7.4	Use Case Diagram del Bliss2000 con modulo Chat . . .	232
A.1	L'importanza degli ausili: l'evoluzione dell'aratro . . .	249
A.2	Chipper . . . . .	251
A.3	TimePad . . . . .	252
A.4	Time Frame Four . . . . .	252
A.5	Go Talk . . . . .	253
A.6	Chat Box . . . . .	254
A.7	Alphatalker . . . . .	255
A.8	Tech Scan 32 . . . . .	255
A.9	Sensore Buddy Button . . . . .	257
A.10	Sensore Big Buddy . . . . .	257
A.11	Sensore New Joggle . . . . .	258
A.12	Sensore Specs . . . . .	258
A.13	Sensore Cup . . . . .	259
A.14	Sensore Plate . . . . .	259
A.15	Sensore Soft . . . . .	260
A.16	Sensore Pal Pad . . . . .	260
A.17	Sensore Pillow . . . . .	261
A.18	Sensore Buddy a sfioramento . . . . .	262
A.19	Sensore Microlight . . . . .	263
A.20	Sensore Leaf . . . . .	263
A.21	Sensore Pneumatic . . . . .	264
A.22	Sensore Flex . . . . .	264
A.23	Sensore Treadle . . . . .	265
A.24	Sensore Tip . . . . .	265
A.25	Sensore String . . . . .	266
A.26	Sensore Square Pad . . . . .	266
A.27	Sensore Trigger . . . . .	267
A.28	Sensore Muscolar Switch . . . . .	268
A.29	Sensore Eye Blink . . . . .	268
A.30	Sensore Grasp . . . . .	269
A.31	Sensore Taction Pad . . . . .	269
A.32	Sensore Palla Grande . . . . .	270
A.33	Sensore Elipse . . . . .	270
A.34	Sensore a tappeto . . . . .	271
A.35	Expert Mouse PRO . . . . .	272
A.36	Roller Trackerball . . . . .	273

A.37 Roller Joystick Plus . . . . .	273
A.38 KidsBall . . . . .	274
A.39 HeadMaster Plus . . . . .	274
A.40 Head Mouse . . . . .	275
A.41 HeadWay . . . . .	276
A.42 Mouse Mover . . . . .	276
A.43 Sensore multiplo Wafer . . . . .	277
A.44 Mini Joystick with push . . . . .	277
A.45 Joystick with Pad . . . . .	278
A.46 Sensore multiplo Penta . . . . .	278
A.47 Star . . . . .	279
A.48 Integra Mouse . . . . .	280
A.49 Schermo Tattile . . . . .	280
B.1 Modello di Markov . . . . .	282
B.2 Hidden Markov Model . . . . .	283
B.3 Esempio di applicazione di un HMM . . . . .	284
B.4 HMM per il processo urne con palline colorate . . . . .	284
B.5 Passo induttivo della fase di Forward . . . . .	287
B.6 Passo induttivo della fase di Backward . . . . .	287
B.7 Passo dell'algoritmo di Viterbi . . . . .	289
B.8 Passo dell'algoritmo di Baum-Welch . . . . .	291
B.9 Schema di funzionamento della Segmental k-Means . . . . .	294
B.10 Modello grafico dell'AR-HMM . . . . .	296
C.1 Diagramma di flusso per la scelta degli strumenti di valutazione . . . . .	301
C.2 Foglio di lavoro MPT . . . . .	302
C.3 Foglio di lavoro MPT . . . . .	303
C.4 Analisi delle tecnologie . . . . .	303
C.5 Analisi delle tecnologie . . . . .	304
C.6 SOTU per l'utente . . . . .	305
C.7 SOTU per l'utente . . . . .	306
C.8 SOTU per l'operatore . . . . .	307
C.9 SOTU per l'operatore . . . . .	308
C.10 ATD PA per l'utente . . . . .	309
C.11 ATD PA per l'utente . . . . .	310
C.12 ATD PA per l'operatore . . . . .	311
C.13 ATD PA per l'operatore . . . . .	312
C.14 ET PA per lo studente . . . . .	313
C.15 ET PA per lo studente . . . . .	314
C.16 ET PA per l'insegnante . . . . .	315
C.17 ET PA per l'insegnante . . . . .	316

C.18 WT PA per il lavoratore . . . . .	317
C.19 WT PA per il lavoratore . . . . .	318
C.20 WT PA per il datore di lavoro . . . . .	319
C.21 WT PA per il datore di lavoro . . . . .	320
C.22 HCT PA . . . . .	321
C.23 HCT PA . . . . .	322



# Elenco delle tabelle

2.1	Stima degli individui con problemi verbali nel mondo . . . . .	39
3.1	Risultati foglio di lavoro MPT . . . . .	125
3.2	Punteggi questionario SOTU per l'utente . . . . .	126
3.3	Punteggi questionario ATD PA per l'utente . . . . .	126
3.4	Risultati intervista IPPA . . . . .	127
4.1	Tabella probabilità HMM fully-connected . . . . .	154
4.2	Sottocategorie nella rete semantica Verbi . . . . .	156
4.3	Sottocategorie nella rete semantica Avverbi . . . . .	157
4.4	Sottocategorie nella rete semantica Aggettivi . . . . .	158
4.5	Sottocategorie nella rete semantica Sostantivi . . . . .	159
4.6	Sottocategorie nella rete semantica Persone . . . . .	159
4.7	Sottocategorie nella rete semantica Punteggiatura . . . . .	160
6.1	Probabilità corretta predizione . . . . .	214
6.2	Risultati seconda intervista IPPA . . . . .	217
6.3	Confronto tra i risultati della prima e seconda intervista IPPA . . . . .	218
6.4	Punteggi seconda intervista questionario SOTU per l'utente . . . . .	219
6.5	Punteggi seconda intervista questionario ATD PA per l'utente . . . . .	219
6.6	Confronto punteggi prima e seconda intervista questionario SOTU . . . . .	219
6.7	Confronto punteggi prima e seconda intervista questionario ATD PA . . . . .	219



# Capitolo 1

## Introduzione

---

*“I disabili non vogliono essere trattati come diversi.  
La diversità è alla base dell’uomo,  
è il tratto distintivo degli individui,  
nonostante la società spinga  
all’uniformità totale.  
La disabilità non deve spaventare,  
ma solo far riflettere:  
chi è il vero disabile  
nella società contemporanea ?”*

*(Giuseppe Pontiggia, premio Campiello 2001)*

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito del gruppo di progetti IRD (Informatica e Robotica per Disabili), avviati dal prof. Marco Somalvico, che fanno uso, in particolar modo, di tecniche di Intelligenza Artificiale e Robotica. Attualmente il progetto è stato inserito in un'area di ricerca più ampia quale è il settore dell'Assistive Technology, coinvolgendo quindi altri campi di ricerca con lo scopo di studiare, ideare e sviluppare nuove soluzioni informatiche basate sull'uso delle moderne tecnologie per offrire un valido aiuto alle persone disabili. Da tali collaborazioni e in particolar modo dal lavoro svolto con la Dott.ssa Gava, psicologa della comunicazione, sono nati numerosi progetti nel contesto generale dell'AAC (Augmentative Alternative Communication), area della pratica clinica che cerca di compensare la disabilità di persone con gravi difficoltà di linguaggio espressivo attraverso l'uso di modalità di comunicazione non verbali e potenziando le risorse comunicative che ancora sussistono mediante anche l'uso di linguaggi alternativi. Tali sistemi permettono al disabile di comporre frasi, tenere un registro di queste, tradurle in linguaggio naturale qualora siano scritte con codici alternativi, generarne una copia cartacea o fornirne una sintesi vocale. Tra i sistemi sviluppati in tale campo, presso il Politecnico di Milano, il sistema Bliss2000 ha rappresentato un enorme balzo in avanti rispetto alle soluzioni preesistenti grazie all'utilizzo di un sistema grafico a finestre che lo rende più piacevole. Il Bliss2000 peccava però di una non sufficiente usabilità per poter essere adoperato in sede clinica.

Lo scopo di questa tesi è stato quello di realizzare una nuova versione del Bliss2000, denominata Bliss2003, nella quale fossero estese le funzionalità e modalità d'uso partendo da una visione sul campo delle problematiche esistenti e scegliendo tra queste le più interessanti e rilevanti. Seguendo l'ottica secondo la quale "la ricerca migliore è quella che ha come obiettivo l'uomo", l'intero processo di sviluppo è stato impostato tenendo presente le esigenze dell'utente che effettivamente userà il sistema e, nel fare questo, ci siamo rivolti presso alcuni centri specialistici nei quali abbiamo verificato l'uso del sistema grazie alla cooperazione con personale medico e con i disabili stessi. In particolar modo, dopo un'attenta fase d'uso dell'applicativo abbiamo raccolto una serie di requisiti, osservazioni e critiche da parte di utenti disabili, terapisti di AAC e psicologi che hanno costituito il punto di partenza del nuovo progetto.

Nella nostra cultura è ancora radicato un modello di comunicazione che deve necessariamente avvenire attraverso un solo mezzo, la parola, emessa dal tratto vocale e definito col termine di linguaggio. Molti ancora identificano la comunicazione col linguaggio, come fossero un'unica entità, ma se il linguaggio è certamente lo strumento privilegiato della

comunicazione umana, di sicuro non è l'unico: tutti noi usiamo spontaneamente altri canali o modalità spesso più efficaci, ad esempio per esprimere emozioni usiamo espressioni mimiche, sguardi, movimenti delle mani, ecc. La disabilità comunicativa comporta in ogni forma una riduzione delle possibilità di partecipazione sociale e il rischio che si instaurino situazioni di isolamento ed emarginazione. Comunicare, infatti, significa molto più che manifestare i propri bisogni e le proprie esigenze primarie; essere in comunicazione significa essere in relazione con una entità diversa da noi, sia questa rappresentata da persone o dall'ambiente che ci circonda, interagendo con essa attraverso gesti, parole, atti, o con qualsiasi altro segno, con lo scopo di far conoscere sentimenti, opinioni, necessità, desideri, ecc. Tutti gli interventi tendenti a stimolare, potenziare e migliorare, in persone con gravi disabilità fisiche o intellettive, l'abilità a comunicare attraverso metodi e mezzi adeguati ai loro bisogni costituiscono il campo dell'AAC. La necessità di avere un sistema informatico in un settore delicato come questo ha da sempre sollevato resistenze e paure, nonché spesso false illusioni o aspettative utopistiche. Come ingegneri informatici, da un lato siamo a conoscenza delle enormi potenzialità e soluzioni a volte sbalorditive che la tecnologia può offrire, ma allo stesso tempo siamo profondamente coscienti del fatto che l'ausilio informatico non possa eliminare totalmente una menomazione. Sognare l'eliminazione dell'invalidità vuol dire cadere nelle tentazioni dell'epurazione razziale, quindi lo sguardo antropologico deve essere indubbiamente un altro: l'essere malato, invalido è una dimensione presente in ogni vita umana, la persona disabile rimane tale anche se impara a usare un computer, le sono offerte però nuove possibilità di comunicazione e di interazione con il mondo che possono aver ridotto la sua fatica o comunque le hanno concesso uno stimolo nuovo e diverso. Pertanto crediamo fermamente che l'Assistive Technology possa offrire delle soluzioni interessanti realizzando quel bipolo uomo-macchina tanto caro al prof. Somalvico, in cui il sistema informatico si pone come mediatore tra il mondo e il disabile.

Tra i codici alternativi di comunicazione facenti parte dell'AAC il Bliss è uno dei più diffusi e utilizzati. Tale linguaggio è caratterizzato da una potente grammatica che può essere ridotta o utilizzata in tutte le sue sfaccettature in base al grado di disabilità del soggetto. Si tratta di un codice simbolico semantografico, ossia il significato è direttamente racchiuso nel segno grafico stesso. L'utente Bliss comunica indicando la sequenza di simboli necessari per comporre la propria frase, utilizzando le modalità che la patologia gli consente.

Alla luce delle sperimentazioni effettuate sul campo e grazie alle estensioni proprie del progetto Bliss2003, riteniamo che questo sia, at-

tualmente, una delle più versatili, usabili e complete implementazioni informatiche del linguaggio Bliss.

Per la progettazione di un tale strumento informatico, complesso e molto articolato, è stato curato nel dettaglio l'intero processo produttivo che ha visto inizialmente una lunga fase di testing e debugging della versione precedente. Attenta e accurata è stata anche la valutazione delle esigenze, supportata dall'impiego di due strumenti innovativi utilizzati dal S.I.V.A. (Servizio Informazione Valutazione Ausili). L'implementazione, inoltre, è avvenuta nel rispetto dei principi base dell'ingegneria del software, secondo lo stile di codifica della "programmazione in grande".

Al fine di migliorare la versione precedente e soddisfare le esigenze emerse, il Bliss2003 si propone di realizzare quattro rilevanti macro-estensioni; in primo luogo l'Assistente Compositore, per rispondere alle esigenze di velocizzare la composizione dei messaggi e, di conseguenza, aumentare l'autostima del paziente; quindi l'Interfaccia Iconografica, riprogettando l'intera interfaccia utente con lo scopo di privilegiare il principio dell'usabilità e studiando un design dell'applicativo semplice, intuitivo e immediato, riducendo elementi che siano di distrazione per il disabile e migliorandone l'accessibilità; la terza estensione è la Sintesi Vocale in aiuto alla selezione delle parole, per renderne meno difficoltosa la scelta ai soggetti con problemi visivi, attraverso un feedback audio riguardante il significato del simbolo correntemente selezionato; l'ultima è la Caratterizzazione simbolica, con l'obiettivo da una parte di rendere il sistema aperto ad altri linguaggi di AAC e dall'altra parte di allargare più facilmente i contesti comunicativi dell'utente.

Tra le macro-estensioni introdotte, l'Assistente Compositore rappresenta indubbiamente l'aspetto innovativo di questa tesi, con un cospicuo carattere di originalità rispetto allo stato dell'arte, in quanto costituisce un'importante funzione non implementata in altri software di AAC. Si tratta di un sistema che assiste l'utente disabile durante la costruzione di una frase semplificando il processo di selezione dei simboli mediante un meccanismo di predizione in grado di suggerire una serie di simboli come probabili prossime scelte da inserire nella frase sulla base del simbolo precedentemente scelto, tenendo conto della storia passata dell'utente in questione e basandosi su un modello probabilistico ideato appositamente denominato DAR-HMM (Discrete Auto-Regressive Hidden Markov Model). L'Assistente Compositore infatti, pur avendo una propria configurazione iniziale, è in grado di adattarsi alle caratteristiche comunicative dell'utente e al suo stile di comunicazione, apprendendo nel passare del tempo con l'aumentare delle frasi

composte<sup>1</sup>.

Un ruolo fondamentale nell'intero processo di sviluppo del Bliss2003 è stato svolto dalla sperimentazione sul campo, presso alcuni centri specializzati. In un settore come quello dell'Assistive Technology è fondamentale porre l'utente al centro del progetto, valutando le reali esigenze e problematiche che lo contraddistinguono, per evitare di produrre un sistema di alto contenuto tecnologico senza però un'applicazione pratica. La presenza dell'utente pertanto non è stata mai considerata un aspetto facoltativo e tantomeno secondario; infatti, per realizzare sistemi informatici di un certo spessore e con un alto livello di usabilità, il progettista non può fidarsi esclusivamente della propria esperienza, ma ha la necessità di confrontarsi con gli utenti, destinatari del prodotto e con gli specialisti, non informatici, che operano nel contesto applicativo (psicologi, neuropsichiatri, terapisti di AAC, educatori). In particolare abbiamo avuto la possibilità (e allo stesso tempo la grande fortuna) di lavorare in stretto contatto con una ragazza diciottenne con problemi verbali congeniti che da diversi anni usa il linguaggio Bliss per comunicare: una preziosa opportunità da cui abbiamo imparato molto. La fase sperimentale è poi continuata valutando le prestazioni dell'Assistente Compositore mediante la costruzione di modelli ad-hoc e una serie di simulazioni per poi fornire una valutazione più generale attraverso la misura dell'efficacia del Bliss2003 come strumento di Assistive Technology.

Questa fase sperimentale ha mostrato una notevole serie di benefici per l'utente introdotti con la nuova versione: l'Assistente Compositore permette una notevole riduzione dei tempi di composizione della frase, con un risparmio di energie fisiche non indifferente soprattutto per quei soggetti con gravi disabilità fisiche. I test condotti hanno dimostrato la validità del modello probabilistico DAR-HMM ideato per questa applicazione. La semplicità e l'uniformità della nuova interfaccia grafica permettono all'utente una visione d'insieme più chiara, senza elementi disturbatori. La sintesi vocale in aiuto alla selezione si è rilevata una funzionalità indispensabile per coloro che sono affetti da problemi visivi e per cui una conferma audio può essere fondamentale nella scelta di un simbolo.

In un prossimo futuro, la ricerca finalizzata al miglioramento della realizzazione attuale dovrà prima di tutto porsi al servizio dell'uomo: la ricerca di soluzioni sempre più sofisticate che non tengono conto dei reali bisogni dell'utente rischiano di creare infatti un inutile "narcisismo tecnologico". Crediamo che solo l'ascolto attento e paziente delle

---

<sup>1</sup>In intelligenza artificiale questa è una tipica applicazione degli algoritmi di machine learning, per la precisione di apprendimento supervisionato [68].

esigenze del disabile permetta di sviluppare progetti dove la tecnologia assume veramente quel ruolo di mediazione verso la realtà che può migliorare la situazione del disabile.

La tesi segue la seguente struttura.

Nel capitolo 2 si fornisce un'introduzione al contesto applicativo in cui è collocato il sistema, con particolare attenzione alle problematiche riguardanti la comunicazione, le finalità dell'AAC e le caratteristiche del linguaggio Bliss. Viene anche presentato il ruolo dell'informatica nel campo delle disabilità, nonché uno stato dell'arte dei principali sistemi software di AAC.

Nel capitolo 3 viene descritta l'impostazione generale del progetto, partendo dall'analisi della precedente versione Bliss2000, proseguendo nella presentazione della fase di testing e debugging, per poi dettagliare le caratteristiche della nuova versione.

Nel capitolo 4 viene trattata, in tutti i particolari, la progettazione dell'Assistente Compositore, dallo stato dell'arte sino ai principi di funzionamento, facendo attenzione anche agli aspetti di tipo modellistico.

Nel capitolo 5 si affronta la descrizione delle altre principali estensioni realizzate in Bliss2003 (interfaccia iconografica, sintesi vocale in aiuto alla selezione, caratterizzazione simbolica, ecc.), partendo dalle specifiche dei requisiti fino alle tecniche implementative.

Nel capitolo 6 viene illustrata la fase di sperimentazione presso alcuni centri specializzati; una valutazione delle prestazioni dell'Assistente Compositore e una misura dell'efficacia del Bliss2003, come strumento di Assistive Technology.

Nel capitolo 7 si vuole dare un'inquadramento generale del lavoro svolto, valutando quanto degli obiettivi è stato raggiunto e presentando "immancabili" possibili sviluppi futuri.

Segue una dettagliata bibliografia con riferimenti a testi, articoli, conferenze, siti relativi ai vari argomenti trattati.

Nell'appendice A si fornisce una breve panoramica dei principali ausili informatici per la comunicazione presenti in commercio.

Nell'appendice B si affronta in modo dettagliato la teoria degli Hidden Markov Model e della loro estensione Autoregressive.

Infine nell'appendice C si riportano le schede dello strumento MPT utilizzato in fase di valutazione delle esigenze e come indicatore dell'efficacia del Bliss2003.

## Capitolo 2

# Stato dell'Arte

---

*“Il progresso è dato dalla condivisione sociale dei saperi  
e non dalla compravendita dei prodotti.”*

*“Il sapere è un bene speciale,  
più se ne dà,  
più se ne riceve.”*

*(Amartya Sen, premio Nobel 1998 per l'economia)  
(Proverbio Bengalese)*

## 2.1 Introduzione

Scopo di questo capitolo è descrivere lo scenario per cui l'intero lavoro di tesi trova significato e le problematiche ad esso correlate.

Comunicare è una necessità per tutti gli esseri viventi ed in particolare per l'uomo. Questa funzione consente l'interazione personale e dà accesso alla partecipazione sociale, ad un livello tale da costituire un'esigenza primaria. In seguito all'insorgere di patologie, di diversa eziologia e grado, il linguaggio verbale può però risultare compromesso in modo tale da impedire o rendere insufficiente il processo comunicativo. In molti casi la patologia non sopprime la consapevolezza e l'intenzionalità, e quindi il bisogno di comunicare: ne consegue l'obiettivo di trovare soluzioni per ripristinare o facilitare la funzione comunicativa. La AAC (Augmentative Alternative Communication)<sup>1</sup>, coi suoi svariati metodi, è una delle soluzioni più significative; in particolare il linguaggio Bliss, con la sua originale storia e la ricca struttura, è uno dei codici simbolici alternativi più spendibili in ambito terapeutico e in fase di costruzione di un processo comunicativo.

Le tematiche sopra esposte sono trattate in modo completo e dettagliato nella sezione relativa al contesto applicativo, dove si vuole fornire un background, non specialistico, ma di carattere generale, riguardante l'ambito in cui questa tesi si inserisce.

Affrontate le diverse tematiche riguardanti il sistema Bliss2003 da un punto di vista principalmente non ingegneristico, la sezione relativa all'aiuto informatico sposta l'attenzione verso l'aspetto tecnologico, come possibile soluzione ad alcuni problemi dei disabili verbali. In particolare, essendo questa tesi svolta nell'ambito dei progetti dedicati alle persone disabili, avviati nel progetto di Intelligenza Artificiale e Robotica, è opportuno definire il campo d'azione di questa disciplina, attenta anche per quanto riguarda l'aspetto antropologico, all'applicazione dell'informatica a persone con problemi comunicativi. A tal proposito, per comprendere l'enorme potenziale insito nel progetto Bliss2003 e il percorso che ha portato alla realizzazione di un sistema così ricco di funzionalità e prospettive, ricopre una notevole importanza tener presente le precedenti applicazioni del linguaggio Bliss, svolte presso il Politecnico.

Il sistema Bliss2003, per certi aspetti, risulta simile ad altri sistemi già esistenti e disponibili sul mercato informatico. Al fine di valutarne le differenze e mettere in luce i vantaggi e gli aspetti innovativi del nostro sistema rispetto a quelli già sviluppati, riteniamo indispensa-

---

<sup>1</sup>Una descrizione dettagliata di AAC si trova nella sezione 2.2.3

bile presentare alcuni di questi prodotti, descrivendone le principali peculiarità.

## 2.2 Contesto Applicativo

### 2.2.1 La Comunicazione

La comunicazione è uno degli aspetti primari della socialità dell'uomo. La comunicazione rappresenta al tempo stesso una capacità dell'uomo e una necessità per la sua vita. Essa, infatti, costituisce la prima forma di interazione che si può instaurare tra gli uomini e attraverso la comunicazione l'uomo può esprimere pienamente se stesso, è quindi la forma principale mediante la quale l'uomo può affermare la propria persona. La necessità di comunicare sorge come bisogno di trasmettere qualcosa della nostra conoscenza o delle nostre azioni che non può essere indovinato o immaginato. Si manifesta come bisogno di lasciare tracce di sé, di lanciare segnali di richiamo della propria esistenza, di esternare i propri desideri e sensazioni. La comunicazione intesa come processo comunicativo coinvolge un certo numero di aspetti che si vuole qui analizzare.

#### Il processo comunicativo

Il linguaggio orale è considerato un sistema di comunicazione che permette di produrre e comprendere pensieri e concetti, grazie ad un insieme di segni arbitrari e convenzionali<sup>2</sup>.

Nel linguaggio si riconoscono diversi componenti [88] che interagiscono vicendevolmente e che occorre definire per meglio comprendere come avviene il processo comunicativo e quali sono le problematiche connesse:

- la *fonetica* e la *fonologia* riguardano i singoli suoni della lingua e la loro concatenazione. Una difficoltà a questo livello consiste nel non saper pronunciare correttamente un suono o nella sostituzione o nell'emissione di suoni, per esempio “popo” per “topo”;
- il *lessico* indica l'insieme delle parole della lingua. Uno dei suoi possibili disturbi è l'anomia (“avere la parola sulla punta della lingua”);

---

<sup>2</sup>Per arbitrarietà si intende ad esempio il fatto che i suoni della parola c-a-s-a non hanno alcun legame con la forma dell'oggetto “casa” rappresentato mentalmente; per convenzionalità il fatto che tutti gli italofoeni pensano ad un particolare tipo di edificio quando sentono o dicono la parola “casa”.

- la *morfosintassi* è l'insieme di regole che permette di organizzare le parole fra loro in una frase. Un problema a questo livello si manifesta attraverso lo stile telegrafico (“mangiare mela” invece di “io mangio la mela”);
- la *semantica*, cioè la rappresentazione mentale che il soggetto costruisce attorno alla parola o all'enunciato indipendentemente dalla sua forma. È l'insieme dei significati attribuibili a una parola o a una frase (per esempio “è farina del mio sacco” ha significati diversi, è quindi polisemantica). Un errore semantico lo fa il bambino quando chiama “cane” tutti gli animali a quattro zampe;
- la *pragmatica*, l'uso del linguaggio da parte di un locutore per realizzare determinati obiettivi sul contesto e sull'interlocutore. Un deficit pragmatico è l'inadeguatezza del contenuto verbale al contesto e all'interlocutore;
- gli *aspetti soprasegmentali* quali l'intonazione, l'accento, il ritmo e la prosodia dell'eloquio.

Sebbene in letteratura il linguaggio venga definito come la combinazione di questi elementi [76], in prima approssimazione è possibile caratterizzare il processo comunicativo come unione di due momenti: un primo momento connesso alla forma con cui avviene la codifica astratta del pensiero, e un secondo momento connesso al substrato materiale con cui avviene la codifica fisica. La comunicazione, dal punto di vista del mittente, è quindi l'effettiva trasmissione di un contenuto mediante l'abbinamento di una codifica astratta ad una codifica fisica. Dal punto di vista del ricevente avviene il processo opposto; il messaggio viene decodificato in una prima fase mediante una decodifica fisica e successivamente astratta. Quanto descritto in questo paragrafo considera esclusivamente il processo di codifica, in quanto il processo inverso è del tutto simile.

Dal punto di vista della codifica astratta è possibile individuare una classificazione in funzione dell'utilizzo della codifica impiegata, in particolar modo del livello di complessità legata a tale codifica. Identifichiamo per semplicità due estremi di codifica, la prima caratterizzata da gesti involontari, come estremo di semplicità, e la seconda caratterizzata dal linguaggio naturale, come estremo di complessità. Si tenga presente che in qualsiasi forma di comunicazione esiste una codifica astratta, infatti si può apprendere dalla letteratura che per esserci un pensiero deve sussistere un codice simbolico su cui ragionare e quindi, indipendentemente dalla complessità, una codifica da utilizzare

[76]. Utilizzando il termine “linguaggio naturale” non ci si riferisce a particolari lingue, come possono essere nel caso corrente l’italiano o l’inglese, ma alla funzione astratta del linguaggio, indicando con tale funzione la capacità di trasformare le idee in una successione di simboli dotati di una precisa semantica indifferentemente dal fatto che siano verbali o scritti. È possibile identificare tale funzione proprio grazie allo studio delle persone verbalmente disabili, analizzando infatti particolari pazienti emergono, in base alla patologia, parecchie difficoltà nel trasformare il pensiero in parola.

Dal punto di vista della codifica fisica relativa alla comunicazione è possibile fare riferimento al canale con cui tale codifica avviene; i canali fondamentali a disposizione dell’uomo per comunicare sono:

**voce:** per un normodotato è il canale più immediato, potente e meno ambiguo, comprende anche gli aspetti paralinguistici (mugolii, colpi di tosse, ecc.);

**faccia:** attraverso lo sguardo, le sopracciglia, la bocca si possono comunicare sentimenti, indicare oggetti, esprimere giudizi;

**mani:** in alcuni casi possono diventare l’unico canale possibile di comunicazione, offrono un ampio potenziale comunicativo;

**corpo:** la postura, il contatto fisico sono, ad esempio, un importante mezzo per comunicare il proprio stato d’animo.

Ogni canale comunicativo possiede una propria espressività e analogamente una differente complessità di codifica fisica. In particolare ogni canale permette un particolare insieme di possibilità di espressione, risultando così più adatto a particolari messaggi di comunicazione piuttosto che ad altri.

Sebbene il canale comunicativo e la codifica comunicativa siano apparentemente scorrelati tra loro, è possibile invece notare l’esistenza di una forte relazione tra il canale verbale e il linguaggio naturale (come specifica codifica comunicativa) che indubbiamente rappresentano la comunicazione più utilizzata dall’uomo. Il linguaggio naturale rappresenta la forma più complessa di comunicazione evoluta e sviluppata da parte dell’uomo in funzione delle sue necessità, e solo il canale verbale ha potuto offrire una varietà di segnali, una flessibilità e una immediatezza - facilità di esecuzione atti all’espressione della parola del linguaggio naturale. Nessun altro canale presenta le caratteristiche offerte dal canale verbale, in questo senso l’uomo ha utilizzato tale canale come canale di eccellenza per esprimere il suo pensiero. Se però si intende migliorare la comunicazione fra i gruppi di una comunità, non è affatto

detto che basti, né che sia indispensabile adottare sempre il canale verbale e il linguaggio naturale; anzi, il mantenimento in una comunità di gruppi “linguisticamente” e culturalmente diversi è spesso l’unica garanzia perché si svolga una vera comunicazione e un reale progresso socio-culturale [9].

Oltre a tale canale e tale codifica astratta di comunicazione esistono altre modalità di comunicare, intendendo con modalità una combinazione tra codifica astratta e codifica fisica; l’utilizzo del volto, della bocca, o delle mani stesse permettono l’espressione di stati d’animo, pensieri, o altri messaggi che non necessitano di alcuna codifica astratta di alto livello, ma che possono essere colti da chiunque senza la necessità di conoscere la forma con cui si è codificato il messaggio, proprio perché non mediato da un alto livello di codifica astratta.

### **Linguaggio e comunicazione**

Non si può negare che il linguaggio naturale dell’uomo sia intrinsecamente connesso alla comunicazione, ma studi scientifici suggeriscono come la struttura e i meccanismi neuropsicologici del sistema linguistico siano distinti da quelli che governano la comunicazione [31].

Tali studi dimostrano come un deficit linguistico non alteri necessariamente la comunicazione, né un deficit comunicativo debba automaticamente compromettere il sistema linguistico. In una serie di esperimenti condotti sulle api<sup>3</sup>, Karl von Frisch dimostrò come un’ape con difficoltà linguistiche, sarebbe nella totale impossibilità di comunicare le proprie intenzioni, dato che la disorganizzazione del gesto comporterebbe l’alterazione dell’intero sistema comunicativo. Diversamente, un bambino, con una compromissione selettiva del sistema linguistico, sarebbe comunque in grado, con mezzi comunicativi alternativi, di far pervenire il messaggio al proprio interlocutore.

Nella nostra cultura comunicativa, che è la cultura della parola, occorre pertanto abbandonare l’associazione che comunicazione e linguaggio naturale siano la medesima cosa, considerando il termine comunicazione in un’accezione più ampia: da un lato la funzione linguistica, dall’altro l’aspetto relazionale. Un bambino, infatti, non impara a comunicare da solo, ma impara attraverso il coinvolgimento col pro-

---

<sup>3</sup>Frisck scoprì l’esistenza di una sorta di linguaggio delle api: le api, quando tornano al favo dopo aver scoperto una fonte di nettare, fanno una “danza” a zig-zag lungo la superficie verticale dell’alveare. Il numero di spostamenti a zig-zag è proporzionale alla distanza dalla fonte di cibo, l’angolo formato con la verticale rispetto al sole corrisponde alla direzione del cibo. In questo modo le api operaie che assistono a questa “danza” possono raggiungere con assoluta precisione la fonte di cibo.

prio mondo, quando gli si offrono stimoli che si riescono a collocare nel proprio campo di esperienza e nel proprio contesto di vita.

Dalla sperimentazione effettuata sul campo<sup>4</sup>, abbiamo avuto la conferma di come sia importante anteporre a qualunque codice, strumento o tecnologia, la necessità di creare una relazione, non solo empatica, ma anche operativa, attraverso la quale l'abile possa offrire al disabile alcuni parametri di riferimento per poter essere attivo nell'interazione e facilitare l'individuazione delle sue parole nascoste nella mente. Studi in campo pedagogico, psicologico e neuropsichiatrico hanno, infatti, messo in evidenza come un frequente stretto contatto fisico possa accrescere lo sviluppo intellettuale di bambini ritardati. In particolare, soggetti con danni cerebrali possono mantenere la loro capacità di reagire al contatto quando non reagiscono alla conversazione verbale, poichè "il primissimo e il più elementare mezzo della comunicazione umana è l'arte del toccare" [27].

### **L'importanza della comunicazione**

"Tutto il comportamento è comunicazione e tutta la comunicazione influenza il comportamento e dato che il comportamento non ha un suo opposto (un non-comportamento), ne consegue che è impossibile non comunicare, che il solo esistere è comunicare, e che l'esistenza di una persona coinvolge un continuo processo di comunicazione" [62].

Questo spiega perché l'impossibilità di comunicare è motivo di frustrazione e desolazione, al punto da indurre alcuni soggetti con grave disabilità a spegnere il desiderio di comunicare, in quanto fruendo di esperienze educative e sociali generalmente limitate non ha la possibilità di scambiare frequentemente i propri pensieri, i propri desideri e i propri bisogni e quindi si riducono sempre più le occasioni per sviluppare le capacità comunicative, con pesanti ripercussioni sullo stato d'animo e comportamentale [67]. Una persona che è in grado di comunicare, che si sente accolta dagli altri e che capisce che i suoi messaggi vengono compresi e accettati, acquisterà sempre più fiducia. La difficoltà nell'instaurare un processo comunicativo genera un'immagine negativa di sé, determinando una situazione di ostilità che ostacola lo sviluppo.

Soprattutto nell'età evolutiva (1-12 anni), il rapporto tra comunicazione e intelligenza è inscindibile: è dimostrato che la comunicazione sollecita, agevola e promuove lo sviluppo delle capacità logiche e dei processi mentali, senza di questa essi subiscono delle forti limitazioni. Inoltre lo scambio di informazioni tra persone è la fonte primaria di ac-

---

<sup>4</sup>Per i dettagli si consulti la sezione 6.2 di questa tesi.

quisizione di conoscenza e di stimolo per la stessa intelligenza umana. È evidente quindi l'importanza di un intervento sulla funzione linguistica, infatti, la ricerca di vie alternative per comunicare può determinare, per l'individuo, l'avvio di un nuovo percorso di apprendimento che lo aiuti a raggiungere livelli più alti nello sviluppo del sé, dell'autonomia, con un accrescimento dell'autostima e superando alcune incombenti situazioni di svantaggio.

### **Comunicare non è solo parlare**

In precedenza abbiamo evidenziato la necessità di sovrapporre al binomio comunicazione-linguaggio, il binomio comunicazione-relazione, ma “in una relazione in cui manca la parola, quale comunicazione e quale linguaggio alternativo sono possibili ?” [42].

Noi tutti, a volte inconsciamente, accompagniamo le parole con segnali della comunicazione non verbale (sguardo, mimica, postura, gesto, ecc.) che spesso esprimono più chiaramente alcuni aspetti emotivi e affettivi all'interlocutore. In situazioni comunicative particolari, come tra persone di lingua diversa o tra un bambino piccolo e un adulto, vengono utilizzate spontaneamente modalità alternative di comunicazione. È evidente, quindi, l'importanza di saper cambiare codice in tutti quei casi in cui è inutile seguitare a usare il classico canale comunicativo basato sul linguaggio. Per comunicare non è quindi indispensabile il linguaggio naturale (che al momento resta indubbiamente il mezzo più potente, veloce e immediato), ma, soprattutto per una persona disabile nella parola, è necessario trovare delle vie alternative, ma non meno espressive e ricche di significati<sup>5</sup>. A volte è sufficiente un sorriso o uno sguardo per dar vita ad un atto comunicativo e sarebbe pertanto un grosso errore ritenere che chi non parla non pensi, non abbia desideri o sentimenti da comunicare.

Accanto a questi segnali della comunicazione non verbale, al fine di rendere il processo di comunicazione sempre più indipendente, privo di ambiguità e facilmente decifrabile da chiunque, è indispensabile un codice esterno da veicolare in questo binomio comunicazione-relazione e che rappresenti i significati che di norma vengono utilizzati anche dal linguaggio verbale. Un codice alternativo al fine di garantire una forma di comunicazione alternativa alla parola.

---

<sup>5</sup>La stessa parola disabile, è qui da interpretarsi come una contrazione del termine diversamente abile, anche se nella cultura della nostra società, tali persone sono viste principalmente per gli aspetti che li penalizzano. Con questo termine, per tutta questa tesi, intenderemo invece indicare persone che hanno sì dei problemi, menomazioni, ecc., ma allo stesso tempo possiedono anche delle qualità che li rendono speciali e abili (a volte anche più di chi pensa esser abile) per altre vie, con altri mezzi.

In tal caso è necessaria una precisazione sulla terminologia utilizzata: spesso vengono impiegati i vocaboli linguaggio orale o comunicazione orale per indicare semplicemente la capacità di “parlare”, cioè di usare i suoni prodotti dal nostro apparato vocale per comunicare con gli altri attraverso il linguaggio. I termini linguaggio e comunicazione verbale sono invece impiegati con un significato più ampio di quello comunemente conosciuto: stanno ad indicare la capacità di comunicare usando “parole”, ma non necessariamente “parole parlate”. Linguaggio e comunicazione verbale sono termini che si riferiscono anche all’uso di parole scritte, segnate, indicate su una tabella attraverso simboli che le rappresentano, ecc.

### **2.2.2 I problemi dei disabili verbali**

Per disabilità verbale si intende un’impossibilità, permanente o temporanea, a utilizzare la parola; più specificatamente il termine indica la situazione di una persona, che, a causa di una patologia neurologica, non è in grado di interagire verbalmente. Questo tipo di menomazione è spesso causa di isolamento ed emarginazione, fattori che conseguono a peggiorare lo stato di vita di tali individui. Il diritto di comunicare dovrebbe essere legittimato anche dall’intera società, ma attualmente l’interesse e la partecipazione restano limitati agli ambienti vicini al disabile (ad esempio famiglia, scuola, centri di riabilitazione, ecc.). In questo senso, sarebbe auspicabile una rottura della barriera comunicativa in un’accezione sociale più ampia, che porti a un cambiamento nella cultura della comunicazione.

#### **Forme di disabilità**

La disabilità verbale è la conseguenza di una patologia neurologica di varia eziologia<sup>6</sup>, che può insorgere in qualunque momento della vita di una persona, per cause accidentali o congenite, e che può comportare conseguenze molto diverse da individuo a individuo, non solo sul piano espressivo, ma spesso anche sul piano cognitivo, funzionale-motorio ed emotivo-affettivo. Alcuni esempi possono essere di un bambino cerebroleso per un danno congenito, di un ragazzo con esiti postraumatici da incidente, di un adulto colpito da ictus, ecc.

---

<sup>6</sup>Numerosi sono, purtroppo, i quadri clinici [17] in cui si ha un’alterazione della comunicazione. Si tratta di quadri non ancora del tutto definibili con la necessaria precisione: dal 1861 - anno in cui Paul Broca affrontò per la prima volta l’argomento su quelle che sono le basi ancora oggi adottate - ai nostri giorni si sono compiuti notevoli progressi, ma le zone d’ombra sono ancora molteplici.

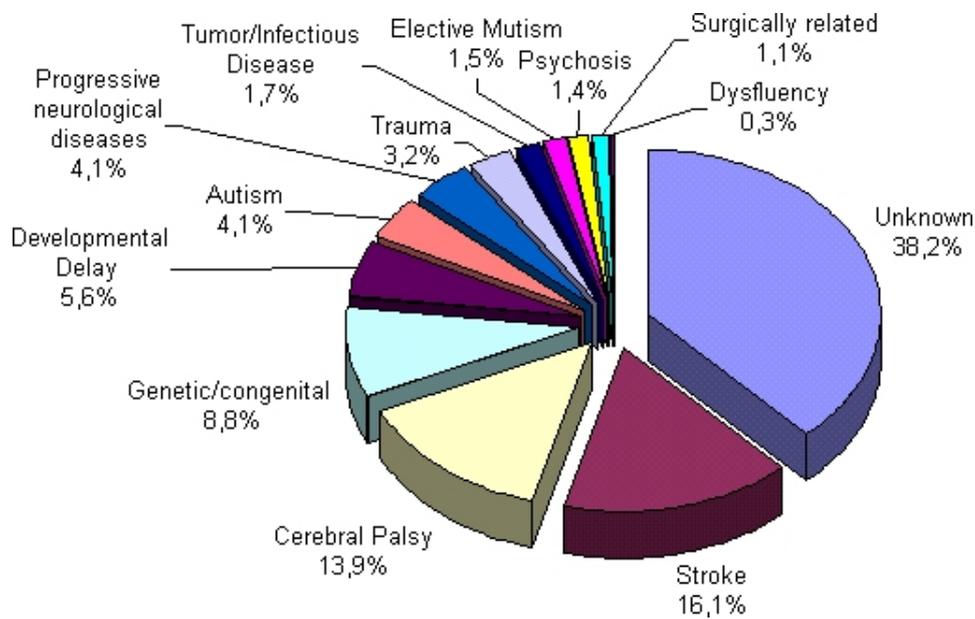


Figura 2.1: Indagine statistica sulle cause della disabilità verbale

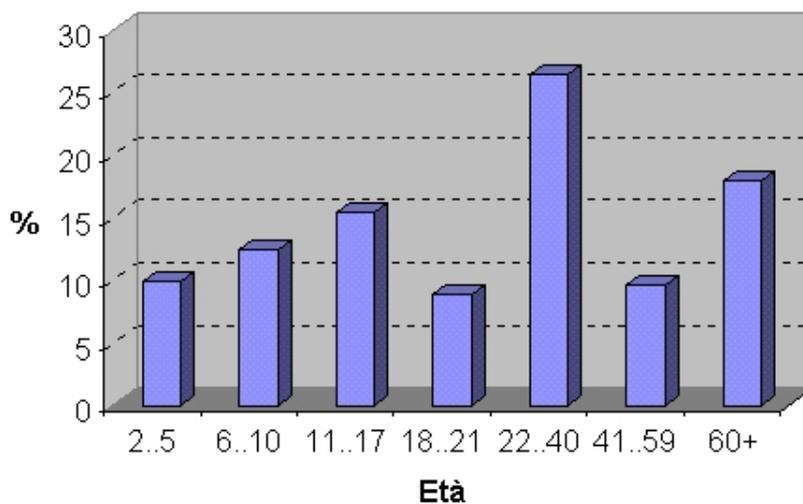


Figura 2.2: Distribuzione d'età di una popolazione disabile verbale

Le disabilità sono spesso dovute a lesioni in specifiche aree del cervello, risultando pertanto difficilmente curabili; la stessa plasticità del cervello, la capacità cioè di ricreare nuove connessioni neuroniche o si-

Italia	USA	Canada	Australia	Regno Unito
460.000	2.000.000	200.000	180.000	500.000
8 per 1000	8 per 1000	12 per 1000	12 per 1000	10 per 1000

Tabella 2.1: Stima degli individui con problemi verbali nel mondo

naptiche per fare in modo che altre aree cerebrali possano svolgere le funzioni svolte in precedenza da aree lesionate, può sopperire solo piccole lesioni, non riuscendo quindi a ripristinare il funzionamento completo della funzione menomata. L'unica via percorribile consiste nell'utilizzare canali alternativi che permettano comunque un sufficiente grado di comunicazione; in questo caso si parla infatti di comunicazione aumentativa ed alternativa<sup>7</sup>.

Sotto questo aspetto è possibile individuare un insieme di possibilità, in funzione che la disabilità sia relativa al canale comunicativo piuttosto che alla forma comunicativa. Le disabilità più diffuse sono quelle di tipo motorio, un sintetico elenco di disabilità può essere: impossibilità di articolare parole (anartria), deficit di codifica fisica (anafasia motoria), deficit di decodifica (afasia sensoriale), entrambe le afasia (afasia globale), e infine difficoltà di organizzare il pensiero (insufficienza mentale). La modalità di comunicazione che si prende in esame in questa tesi è quella esclusivamente legata al linguaggio naturale espresso mediante canale verbale. In questo ambito, i possibili casi di disabilità possono essere riferiti ai singoli aspetti cognitivi coinvolti in tale modalità comunicativa:

**canale verbale:** in cui l'individuo non può utilizzare la voce;

**codifica della parola:** in cui l'individuo non riesce a trasformare il proprio pensiero in una successione di parole;

**canale verbale e codifica della parola:** in cui vengono a sovrapporsi i due casi precedenti.

Nel primo caso è necessario ricorrere a canali ausiliari, quali, ad esempio, la gestualità delle mani. Il problema principale che si pone, in questo caso, è che si può cogliere da quanto detto in precedenza è relativo alla potenza espressiva del canale verbale, potenza che difficilmente è riscontrabile in altri canali di comunicazione. In pratica si ricorre all'uso di una via attraverso cui trasmettere le stesse parole che possono essere espresse attraverso il canale vocale. Il canale che viene maggiormente utilizzato è la gestualità delle mani che garantisce

---

<sup>7</sup>Una definizione dettagliata di AAC (Augmentative Alternative Communication) si trova nella sezione 2.2.3.

una buona velocità e notevole efficienza espressiva anche se esistono alcuni casi in cui non è possibile utilizzare le mani ed è quindi necessario utilizzare forme alternative a esse.

Nel secondo caso è necessario ricorrere a linguaggi alternativi che possiedono un livello di complessità della codifica molto più semplice di quello caratterizzante il linguaggio naturale. Il problema principale è, in questo caso, la ricerca di una forma di codifica più semplice e quindi più immediata che permetta al disabile di poter trasmettere il suo pensiero. In questo caso non si tratta di cercare un altro canale di trasmissione, bensì una nuova codifica, cosa che risulta essere assai più complessa poichè riguarda livelli di astrazione superiore. Un linguaggio semplificato risulta di aiuto anche per i disabili verbali che riescano a organizzare il pensiero, infatti un linguaggio simile permetterebbe di rendere più veloce la comunicazione, che è d'altra parte compromessa.

Nel terzo caso è necessario combinare un canale comunicativo alternativo a una forma di codifica alternativa. Tale abbinamento richiede una certa attenzione, in quanto, sebbene siano apparentemente scorrelati tra loro, è possibile, come già detto in precedenza, notare l'esistenza di una forte relazione tra un certo canale e una certa codifica, per cui non tutti gli abbinamenti sono possibili.

### **Problematiche dell'integrazione comunicativa dei disabili verbali**

L'impossibilità di comunicare da parte di un individuo è fonte di numerosi problemi, tra i più importanti l'impossibilità di integrarsi all'interno della società, rimanendone in buona parte emarginato<sup>8</sup>.

La mancanza o la carenza di comunicazione è uno dei principali impedimenti a una reale integrazione socio-ambientale dei soggetti con handicap<sup>9</sup> che si trovano nell'impossibilità di relazionarsi con individui non appartenenti al loro nucleo familiare o comunque non possono prendere parte in maniera adeguata ad un rapporto diretto. Esiste

---

<sup>8</sup>In un'accezione sociologica il termine integrazione si riferisce al processo di sviluppo globale della persona per mezzo dell'educazione e della partecipazione attiva alla vita comunitaria. Supera il semplice inserimento (inteso come presenza fisica del soggetto nel gruppo), in quanto richiede che la persona sia attiva e disponibile ad una serie di adattamenti all'ambiente.

<sup>9</sup>Da un punto di vista etimologico il termine deriva dall'espressione inglese "hand in cap" (la mano nel cappello) con la quale ci si riferisce alla competizione dei cavalli (sec. XVII) in cui, per equiparare le possibilità di vittoria, si assegnava uno svantaggio al concorrente ritenuto superiore. "Handicappare" significa quindi determinare lo sfavore di alcuni cavalli perché, mettendo il numero dei concorrenti nel cappello, mettendo la mano nel cappello e tirando a sorte, tutti abbiano uguali probabilità di avere il numero del concorrente vincente. L'espressione hand in cap è passata in seguito ad indicare, una difficoltà, una riduzione parziale o totale, in conseguenza di una menomazione, della capacità ad assolvere compiti o soddisfare bisogni.

infatti il rischio di escludere il soggetto apparentemente privo di capacità comunicative e parlare di lui e non con lui. I suoi interlocutori il più delle volte si sentono a disagio e possono facilmente sottovalutare le sue capacità: in altre parole considerarlo poco intelligente o del tutto privo di intelligenza o psicotico o autistico. Alla difficoltà strettamente collegata alla sua disabilità se ne aggiungono, dunque, nella mente degli altri delle nuove che determinano una ulteriore difficoltà all'acquisizione di quella identità sociale che ognuno di noi si forma, giorno per giorno, nell'interazione con gli altri. Rischia, pertanto, di non essere completamente riconosciuto dagli altri come persona e cioè soggetto pienamente attivo nell'interazione sociale.

I linguaggi alternativi rappresentano un enorme potenziale per l'integrazione dei disabili verbali, in quanto possono introdursi nella società aggiungendosi in parte al linguaggio naturale, anche se è necessaria l'esistenza di ponti tra linguaggio naturale ed alternativo. Infatti i problemi che si possono riscontrare, dovuti all'utilizzo di vie comunicative alternative, sono molteplici e sono soprattutto legati ad una babele dei linguaggi. Utilizzare linguaggi non convenzionali, che utilizzano codifiche differenti e canali fisici diversi, può, a prima vista, causare una maggior difficoltà comunicativa all'interno di gruppi eterogenei di persone. In sostanza i problemi sono strettamente connessi al fatto che non tutte le persone conoscano tale linguaggio. Tale fatto mette quindi in risalto che non è sufficiente sviluppare linguaggi e mezzi comunicativi alternativi se questi poi non sono a loro volta strettamente connessi al linguaggio naturale. È quindi necessario integrare i linguaggi e mezzi comunicativi alternativi con la società e quindi con il linguaggio naturale, per permettere successivamente l'integrazione tra disabili e società.

Lo sviluppo tecnologico può fornire un forte aiuto per lo sviluppo delle capacità residue e per la socializzazione di queste persone, intervenendo sulle infrastrutture nel tentativo di ridurre le barriere architettoniche e garantire loro una maggiore interazione.

È certo, però, che per cambiare qualcosa nel grande problema dell'handicap, accanto alla "neocultura" informatica, deve nascere una diversa cultura proprio nei confronti dell'handicap stesso. In genere è il disabile che si deve adattare al mondo in cui vive, a come gli altri parlano, scrivono, si muovono. Si deve cercare di raggiungere un equilibrio, per non rendere troppo difficile il superamento della disabilità, favorendo così la vita sociale dell'individuo. "Perché il superamento dell'handicap vuole dire rompere l'isolamento; l'integrazione è un dovere naturale oltre che un'opportunità" [21].

Nel corso della storia si può osservare come si sia passati dall'emargi-

nazione<sup>10</sup>, all'inserimento<sup>11</sup> e all'integrazione<sup>12</sup>, seppur non sia ancora stato raggiunto in pieno questo ultimo aspetto.

In occasione dell'Anno Europeo delle Persone Disabili (2003), sono stati avviati dei progetti anche a livello Europeo [15] per affrontare l'esclusione sociale. I rappresentanti delle organizzazioni europee dei disabili hanno delineato possibili linee di azione che favoriscano l'accesso a servizi che promuovano l'integrazione e il massimo livello di indipendenza possibile, nella certezza che le nuove tecnologie possono portare un contributo significativo, sebbene non possano risolvere completamente qualsiasi problema [19].

### 2.2.3 Augmentative Alternative Communication (AAC)

Come descritto nella sezione precedente, la società privilegia la comunicazione verbale e spesso oppone resistenza o esclude coloro che sono privi della parola. Proprio per evitare l'emarginazione di tutti quelli che presentano difficoltà ad esprimersi verbalmente, sono nate e sono state sviluppate tecniche di comunicazione extraverbale, vie alternative al linguaggio naturale e al canale verbale. In questa ottica è possibile notare come l'uomo già disponga di vie comunicative alternative, come può essere ad esempio la Lingua dei Segni attraverso la gesticolazione delle mani. Più problematico è invece il ricercare una nuova codifica astratta del linguaggio. Negli ultimi quindici anni, per aumentare le possibilità comunicative e interattive delle persone con difficoltà espressive, sono state sviluppate modalità operative, tecniche e strategie di comunicazione particolari, aggiuntive o sostitutive del linguaggio verbale. Questi metodi costituiscono il campo dell'AAC e sono riconosciuti come strumenti che permettono, a chi è privo del linguaggio verbale, di acquistare o di ampliare la propria autonomia.

---

<sup>10</sup>Nella società del periodo classico greco-romano, agli "anormali" erano riservati il monte Taigeto o la Rupe Tarpea.

<sup>11</sup>Art.3 della Costituzione Italiana 1948: "Tutti i cittadini hanno pari dignità sociale e sono uguali davanti alla legge, senza distinzione di sesso, razza, di lingua, di religione, di opinioni politiche, di condizioni personali e sociali. È compito della Repubblica rimuovere gli ostacoli di ordine economico e sociale, che, limitando di fatto la libertà e l'eguaglianza dei cittadini, impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l'effettiva partecipazione di tutti i lavoratori all'organizzazione politica, economica e sociale del paese."

<sup>12</sup>Con la legge quadro n.104/1992 (sorta da un'esigenza divenuta più pressante e maggiormente nota in seguito alla pubblicazione dei dati ISTAT e CENSIS relativi agli anni 1989-1991, che segnarono la presenza in Italia di 2.000.000 disabili, di cui 200.000 gravi o gravissimi) si favorisce l'impiego di sussidi tecnici come strumenti utili all'integrazione ed alla promozione umana delle persone con disabilità.

## Definizione e obiettivi dell'AAC

La Comunicazione Aumentativa Alternativa, forma contratta della sigla internazionale *Augmentative Alternative Communication* (AAC), è stata definita come quell'area della pratica clinica che cerca di compensare la disabilità, temporanea o permanente, di persone con gravi difficoltà di linguaggio espressivo, attraverso l'uso di modalità di comunicazione non verbali. In pratica ogni comunicazione che sostituisce, potenzia o integra il linguaggio verbale fa parte dell'AAC [90].

Il termine *Augmentative* (in italiano il corrispettivo più idoneo è "accrescitiva" o "potenziante") sta a indicare come le modalità di comunicazione utilizzate siano tese non a sostituire ma ad accrescere la comunicazione naturale, potenziando le risorse comunicative che ancora sussistono: residui vocali, comunicazione non verbale (sguardo, mimica, postura, gesto, ecc.), strategie compensative, strumenti tecnologici.

Il termine *Alternative* è inteso in senso sostitutivo e si riferisce a tutto ciò che è alternativo alla parola: codici diversi dal linguaggio verbale o dal sistema alfabetico (figure, disegni, simboli, ecc.)

L'acronimo AAC è stato coniato negli Stati Uniti nel 1983 con la costituzione dell'ISAAC (*International Society Augmentative Alternative Communication*), nata per la volontà di un gruppo multidisciplinare, che riconosce ad ogni individuo il diritto di comunicare anche in situazioni di grave impedimento verbale.

Si hanno tracce di studi a riguardo di tale ambito già nel decennio precedente; già in quel periodo erano infatti numerose le attività di ricerca e di riabilitazione volte a facilitare la comunicazione di persone disabili tramite l'uso di linguaggi grafici in particolare del linguaggio Bliss, dei linguaggi gestuali e degli ausili informatici. In questi paesi l'AAC, grazie alla lunga esperienza e alla consolidata tradizione, oggi rappresenta una componente fondamentale e indiscussa dell'intervento riabilitativo<sup>13</sup>, è materia di studio e di sperimentazione in molte Università ed è oggetto di ricerca anche in campo tecnologico<sup>14</sup>.

La diffusione dell'AAC in Italia registra, viceversa, un estremo ritardo tanto che solo negli ultimi anni questo tema ha iniziato a suscitare un certo interesse presso gli ambienti riabilitativi, le famiglie, le istituzioni scolastiche ed educative [84]. Dal punto di vista delle nuove tecnologie si è invece ancora molto arretrati, esistono alcuni progetti

---

<sup>13</sup>Nel panorama mondiale dell'AAC il Canada è il paese più all'avanguardia, non solo tecnologicamente, ma anche culturalmente: il sistema dell'AAC è infatti riconosciuto ufficialmente come uno strumento che permette di acquistare o di ampliare la propria autonomia. L'erogazione del servizio è a carico del servizio sanitario nazionale e comprende sia l'intervento specialistico multidisciplinare che la fornitura degli ausili per la comunicazione.

<sup>14</sup>A tal proposito si consulti la raccolta dei principali ausili informatici per la comunicazione contenuta nell'appendice A di questa tesi.

universitari, ma pochi prodotti commerciali che vengono per lo più importati.

Gli interventi proposti dall'AAC sono complessi e articolati e necessitano dell'apporto di figure professionali provenienti dalla medicina, psicologia, pedagogia, educazione, linguistica, ingegneria e informatica. Si rivolgono non solo al disabile, ma anche a tutti coloro che interagiscono con lui, perché dalla loro capacità di acquisire abilità e strategie adattative dipende, in gran parte, il successo degli scambi comunicativi. Gli interventi di AAC infatti non consistono in una tecnica riabilitativa, ma in un approccio da applicare in tutti i momenti e i luoghi della vita del disabile e non solo nella stanza con il terapeuta; infatti come per tutti noi, la comunicazione è necessaria e indispensabile ogni qualvolta ne sorga la necessità [84].

L'AAC ha il delicato compito di ripristinare il ponte comunicativo fra pensiero del disabile e il mondo in cui vive, in modo da recuperare la persona come soggetto attivo in un contesto inizialmente comunicativo e poi sociale. Ogni individuo, infatti, anche se non sa parlare, possiede una capacità di simbolizzazione e quindi avrà una rappresentazione interna delle proprie conoscenze, una memoria episodica e semantica [41]. L'AAC, attraverso un'ampia gamma di strumenti comunicativi costruiti con l'ausilio di foto, immagini, simboli, lettere, offre al disabile verbale l'opportunità di tradurre il proprio pensiero in una serie di segni intelligibili per l'interlocutore.

### **Gli strumenti dell'AAC**

Gli strumenti di cui si serve l'AAC possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

**tabelle di comunicazione:** il disabile per comunicare con gli altri indica, uno dopo l'altro (utilizzando le modalità che la patologia rende disponibili), i simboli contenuti nella propria tabella, producendo così un messaggio. Sopra ad ogni simbolo viene sempre scritto il significato per permettere di capire il messaggio anche a chi non conosce i simboli (fig. 2.3);

**VOCAs:** (Vocal Output Communication Aids), il disabile ha la possibilità di comunicare non solo indicando il simbolo, ma anche associando ad esso un messaggio verbale che viene udito dagli altri<sup>15</sup> (fig. 2.4);

---

<sup>15</sup>Una panoramica dei vocas ed altri ausili informatici per la comunicazione è riportata nell'appendice A di questa tesi.

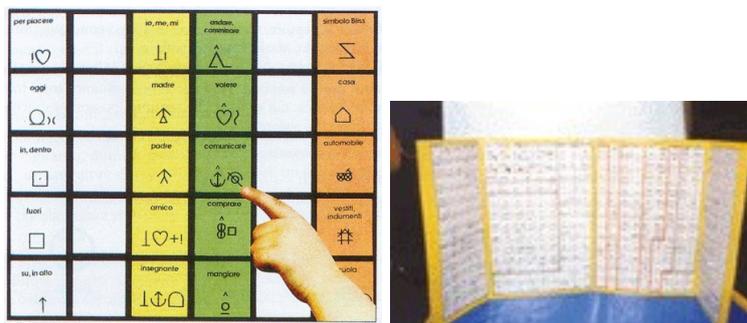


Figura 2.3: Tabelle per la AAC



Figura 2.4: Esempio di VOCAs

**software di comunicazione:** sistemi informatici che permettono di riprodurre sullo schermo le tabelle di comunicazione, con la possibilità di associare una sintesi vocale, una scansione automatica della tabella, la stampa e la memorizzazione delle frasi prodotte che in alcuni casi possono anche essere inviate a distanza<sup>16</sup> (fig. 2.5).

### I codici alternativi

Gli strumenti che consentono al disabile un ponte tra pensiero e mondo esterno sono generalmente costituiti da codici alternativi alla parola che sono particolari linguaggi solitamente simbolici o pittografici, con alfabeti propri e con regole di composizione proprie. I linguaggi alternativi utilizzano un livello di codifica astratta assai meno complessa rispetto

<sup>16</sup>Una panoramica dello stato dell'arte dei sistemi esistenti è contenuta nella sezione 2.3.2.



Figura 2.5: Software di comunicazione

al linguaggio naturale permettendo di comporre frasi e messaggi anche alle persone affette da problemi verbali, in grado di selezionare i simboli con una qualsiasi tecnica di indicazione.

Sono costituiti da simboli pittografici, fotografie, disegni più o meno stilizzati. Attualmente sono stati creati diversi sistemi simbolici grafici e altri sono ancora in via di sviluppo, quelli però più usati sono i seguenti.

**Simboli Bliss** : sistema grafico basato sul significato e non sulla fonetica, permette la rappresentazione di concetti astratti e la possibilità di ampliare il vocabolario attraverso regole di composizione<sup>17</sup> (fig. 2.6).

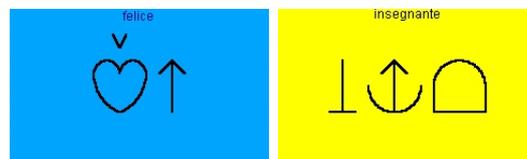


Figura 2.6: Esempio di simboli Bliss

**Picture Communication Symbols (PCS)** : codice pittografico ideato nel 1980, i simboli che rappresentano le azioni riportano il disegno di una situazione concreta (fig. 2.7).

**Picture Ideogram Communication (PIC)** : codice in parte pittografico e in parte ideografico, è rappresentato bianco su nero per meglio evidenziare il significato (fig. 2.8).

**Picture Symbols (PICSYMS)** : sistema grafico basato sul lessico utilizzato dai bambini in età prescolare, permettono di rappresentare anche concetti astratti (fig. 2.9).

<sup>17</sup>Una descrizione più dettagliata è contenuta nella sezione 2.2.4

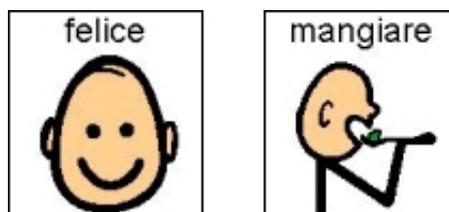


Figura 2.7: Esempio di simboli PCS



Figura 2.8: Esempio di simboli PIC



Figura 2.9: Esempio di simboli PICSYMS

**Core Picture Vocabulary (CORE)** : codice pittografico creato nel 1985 costituito soprattutto da concetti concreti (fig. 2.10).

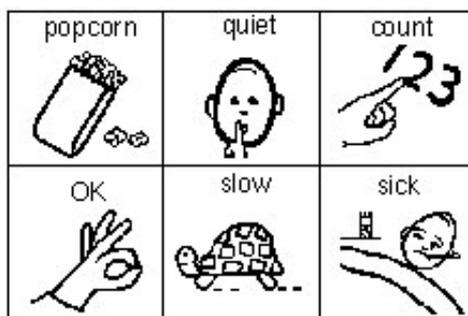


Figura 2.10: Esempio di simboli CORE

**Rebus** : sistema simbolico funzionale solo in lingua inglese, dal momento che si costruisce sulla combinazione tra lettera e simbolo su basi fonologiche e non semantiche (fig. 2.11).



Figura 2.11: Esempio di simbolo REBUS

La scelta del sistema di simboli e la selezione del vocabolario costituiscono un momento cruciale che deve adattarsi alle diverse situazioni di vita dell'individuo. Alcune considerazioni comparative sui codici alternativi, con particolare attenzione al linguaggio Bliss, sono trattate nella sezione seguente.

#### **2.2.4 Sistema di Comunicazione Bliss**

Uno dei sistemi di comunicazione alternativa oggi maggiormente utilizzato e diffuso a livello mondiale è il linguaggio Bliss. La particolare grafica e logica con cui sono composti i simboli rende questi idonei per essere utilizzati con soggetti molto diversi tra loro per età, livello intellettuale e quadro patologico. Al fine di comprendere meglio perché tale codice semantografico (il significato è contenuto nel segno grafico stesso) ha avuto un così ampio sviluppo, non solo con disabili verbali intelligenti, ma anche con soggetti insufficienti mentali, è necessario risalire alle sue origini e alla filosofia che lo supporta. Analizzando poi la particolare struttura e la ricca grammatica, si avrà modo di capire l'importanza che ricopre questo sistema simbolico nell'ambito della nostra tesi.

#### **Origine del Linguaggio Bliss**

Questo linguaggio non nasce, a differenza degli altri codici alternativi, come strategia comunicativa nell'ambito delle disabilità verbali, ma nasce come linguaggio ausiliario universale al servizio della popolazione mondiale.

Il linguaggio deve il suo nome a Charles Kasiel Bliss (originariamente Karl K. Blitz, 1897-1985), un ebreo austriaco, ingegnere chimico, che nel 1941, per vicende inerenti alla seconda guerra mondiale, riuscì a fuggire da un campo di concentramento, finì profugo a Shanghai.



Figura 2.12: Charles K. Bliss

Nel periodo della sua permanenza in Cina, aveva constatato che tutti i cinesi potevano leggere gli ideogrammi indipendentemente dai loro diversi dialetti, perché per decodificare quei simboli non dovevano rinunciare alla propria madre lingua. I simboli infatti potevano essere letti nel proprio dialetto senza che ne venisse alterato il significato: era una scrittura graficamente decodificabile, essendo quella cinese una scrittura analogica che fa riferimento diretto alla realtà.

Inoltre, le modalità con cui l'Organizzazione Internazionale, costituita da persone di nazionalità diverse, che riuscivano a lavorare pacificamente insieme, nonostante le situazioni conflittuali dei loro Paesi d'origine, governava Shanghai, lo aveva convinto che una cooperazione internazionale era possibile.

Queste due realtà l'avevano fatto riflettere sulla possibilità di creare un linguaggio universale, che tutti potessero usare senza rinunciare alla propria lingua madre, e che consentisse una comunicazione al di là delle barriere linguistiche.

Dopo anni di studio e lavoro dedicati a questo scopo, pubblicò, nel 1949, *Semantography* [16], il libro in cui spiega i fondamenti del nuovo linguaggio e le sue possibilità d'uso. *Semantography* (questo il nome iniziale, poi cambiato in linguaggio Bliss) è dunque un linguaggio destinato alla popolazione di tutto il mondo: secondo l'autore il linguaggio presentava caratteristiche tali da poter essere utilizzato dal bambino indigeno di una tribù africana a un adulto del mondo occidentale.

“C.K. Bliss aveva considerato che solo una scrittura ideografica che avesse implicito nella sua forma il significato, e che facesse riferimento a una realtà conosciuta ed esperita da tutti, poteva non solo superare

le diversità esistenti tra i linguaggi di ogni paese, ma anche quelle all'interno di una stessa lingua" [42].

La differenza sostanziale tra una scrittura semantografica e la tradizionale scrittura con le 26 lettere, cioè tra una scrittura grafica e una fonetica è che la prima rappresenta i significati nel segno grafico stesso. "Nella nostra mente il profilo della luna non evoca la combinazione di lettere l,u,n,a, ma immediatamente la cosa luminosa, d'argento, nel cielo, e questi significati li pensiamo nella nostra lingua madre" [16].

Sebbene il sistema di comunicazione Bliss non venne mai utilizzato allo scopo per cui era stato ideato, bisogna riconoscere la straordinaria invenzione operata da C.K. Bliss, che comunque non è andato poi così lontano dall'obiettivo per cui oggi questo codice è impiegato. Infatti, occorre sottolineare come il linguaggio Bliss nasca dall'esigenza di comunicare contenuti della realtà esperita, aspetto fondamentale nel caso del disabile verbale, dato che le difficoltà che incontra nell'instaurare la comunicazione gli impediscono di raccontare i propri desideri, i propri bisogni, le proprie sensazioni.

"Ci sono realtà che hanno un carattere immutabile o non facilmente sostituibile. La musica e la matematica, per esempio, utilizzano una stessa scrittura, una stessa simbologia in tutti i paesi, che però potrebbe essere diversa da un paese all'altro ... ma è ben difficile immaginare scritture geometriche, che rappresentino il profilo di cose reali, scritte diversamente in ogni nazione" [16].

Le prime esperienze con il linguaggio Bliss risalgono al 1971, quando un'équipe multidisciplinare del Crippled Center's di Toronto, che già cercava di elaborare un linguaggio simbolico per bambini intelligenti ma anartrici<sup>18</sup>, venne casualmente a conoscenza di questo sistema. Essi provarono ad applicarlo a un primo gruppo di bambini, e visti i risultati lo diffusero a livello internazionale<sup>19</sup>.

Il Crippled Center's, denominato in seguito BCI (Blissymbolics Communication International), possiede oggi il copyright di tale linguaggio, nell'ambito dell'handicap e controlla tutti i prodotti (informatici e non) per mantenere lo standard del sistema.

### **Struttura del Linguaggio Bliss**

La struttura portante del linguaggio Bliss è costituita da un numero limitato di simboli:

---

<sup>18</sup>L'anartria è l'incapacità di costruire suoni, sillabe o parole in modo corretto a causa di malattie dei centri verbomotori.

<sup>19</sup>Allo stato attuale oltre 35 paesi utilizzano questo sistema di comunicazione in campo di disabilità verbale.

- 11 caratteri lineari
- 38 forme base
  - 24 simboli internazionali
  - 6 simboli arbitrari
  - 8 simboli grafici

### *Caratteri lineari*

La grafica con cui tutti i simboli vengono disegnati, deriva dalla combinazione dei caratteri lineari. Essi vengono così definiti perchè consentono di “scrivere significati” esattamente come le diverse composizioni delle lettere dell’alfabeto consentono di scrivere le parole.



Figura 2.13: Gli 11 caratteri lineari

I caratteri lineari (fig. 2.13) possono essere: punti, segmenti e tratti di curva che, posti in diverse posizioni e composizioni, consentono di definire il profilo delle cose a cui si riferiscono; questi simboli, come si vede dalla figura 2.14, hanno quindi un alto grado di iconicità.

tempo	casa	sole	luna	acqua	fuoco	lettera
coltello	ruota	neonato	insetto	pianta	elettricità	uccello

Figura 2.14: Alcuni simboli ottenuti con i caratteri lineari

Guardando questi simboli si può constatare l’enorme potenzialità del sistema simbolico Bliss: in un codice alfabetico le lettere composte non indicano in modo intrinseco ciò a cui si riferiscono, mentre il profilo di una cosa lo fa. Per questo una linea-profilo può servire come simbolo valido per qualunque linguaggio, mentre la composizione in lettere fonetiche di una stessa parola è diversa in ogni lingua.

### *Simboli Internazionali*

Sono costituiti da un gruppo di 24 simboli riconosciuti e utilizzati in quasi tutto il mondo. Troviamo i numeri, i simboli delle operazioni matematiche, la punteggiatura, il simbolo della freccia, di medicina (deriva dal simbolo di Esculapio), di denaro, musica e linea obliqua.

### *Simboli Arbitrari*

Si riferiscono al mondo della natura e svolgono non solo un ruolo semantico, ma soprattutto una funzione strutturale nell'organizzazione sintattico-grammaticale dei significati<sup>20</sup>. Tali segni (fig. 2.15) derivano dalla considerazione che il mondo è costituito di cose che compiono azioni in un certo modo, in un tempo e in uno spazio definito.

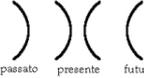
					
contrario	tempo	cosa	azione fisica	valutazione umana	creazione

Figura 2.15: I 6 simboli arbitrari

### *Simboli Grafici*

Gli otto simboli grafici (fig. 2.16) si riferiscono ad aspetti peculiari dell'uomo e al suo agire nella realtà.

							
mente	emozione	occhio	orecchio	naso	bocca	mano	maschio e femmina umani

Figura 2.16: Gli 8 simboli grafici

Al fine di comprendere alcune parti costitutive del progetto Bliss2003, è importante sottolineare il fatto che, nello standard BCI e quindi nella nostra applicazione, i simboli Bliss sono suddivisi in sei settori diversamente colorati che corrispondono alle seguenti categorie di significati:

<sup>20</sup> A tal proposito si veda il paragrafo, dedicato agli indicatori, contenuto nella sezione dedicata alla grammatica del linguaggio Bliss.

**bianco:** simboli di spazio/tempo, colori, pronomi dimostrativi;

**giallo:** persone e pronomi personali;

**verde:** azioni;

**arancio:** sostantivi concreti e astratti;

**azzurro:** aggettivi e avverbi;

**viola:** simboli speciali, punteggiatura..

Sia le forme base che i caratteri lineari possono essere combinati tra loro per generare un numero illimitato di altri significati, attraverso delle regole specifiche che costituiscono la grammatica del linguaggio, uno dei punti di forza del sistema Bliss.

### Grammatica del Linguaggio Bliss

Il linguaggio Bliss è supportato da una ricca grammatica, le cui regole permettono non solo di creare nuovi simboli, ma anche di determinarne o specificarne il significato<sup>21</sup>.

Il significato di un simbolo è infatti determinato non solo dalle forme di cui è costituito, ma anche da un certo numero di parametri, quali:

- dimensione (fig. 2.17)

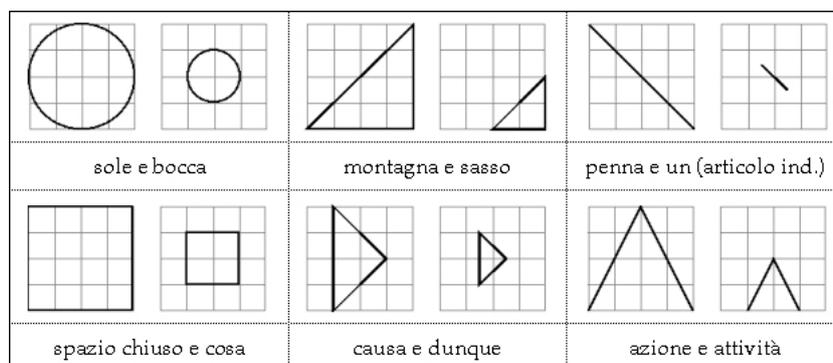


Figura 2.17: La dimensione di un simbolo ne cambia il significato

- posizione (fig. 2.18)
- orientamento (fig. 2.19)

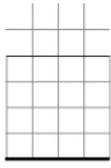
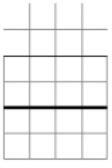
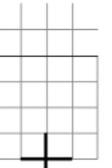
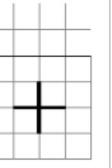
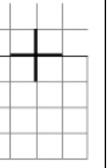
					
terra	sottrazione	cielo	di (possessivo)	e, anche	con l'aiuto di

Figura 2.18: La posizione di un simbolo ne cambia il significato

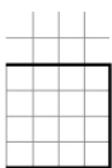
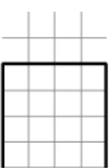
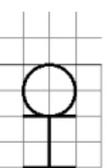
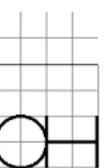
			
stanza	porta	bambino	neonato

Figura 2.19: L'orientamento di un simbolo ne cambia il significato

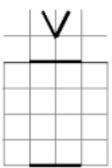
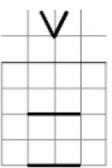
	
alto	basso

Figura 2.20: La spaziatura di un simbolo ne cambia il significato

- spaziatura (fig. 2.20)
- reciproca disposizione (fig. 2.21)

Un altro elemento importante della grammatica Bliss è il ruolo degli indicatori, simboli particolari che posti sopra un simbolo ne alterano il significato. Esistono 5 tipi di indicatori:

**indicatore di cosa:** per concretizzare un concetto astratto (fig. 2.22);

<sup>21</sup>Nell'ambito di un percorso di AAC, spetterà al terapeuta decidere a che grado di complessità proporre il linguaggio, in base alla condizione del disabile verbale.

8	12
nuvola	nebbia

Figura 2.21: La reciproca disposizione ne cambia il significato

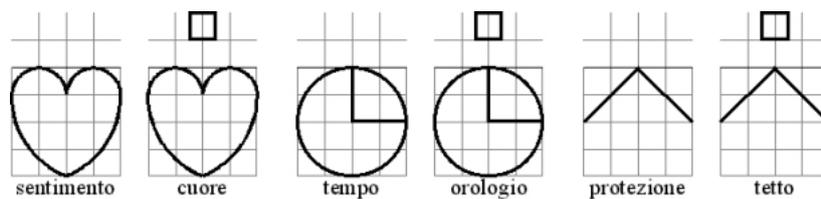


Figura 2.22: Esempio d'uso dell'indicatore di cosa

**indicatore di azione:** per trasformare un simbolo in un verbo (fig. 2.23);

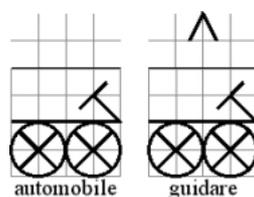


Figura 2.23: Esempio d'uso dell'indicatore di azione

**indicatore di valutazione:** per trasformare un simbolo in un aggettivo (fig. 2.24);

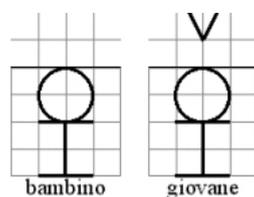


Figura 2.24: Esempio d'uso dell'indicatore di valutazione

**indicatore di plurale:** per definire il plurale di un sostantivo (fig. 2.25);

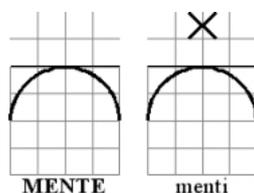


Figura 2.25: Esempio d'uso dell'indicatore di plurale

**indicatori dei tempi verbali:** per specificare il tempo verbale di un verbo (presente, passato, futuro, condizionale) e/o se è attivo o passivo (fig. 2.26).

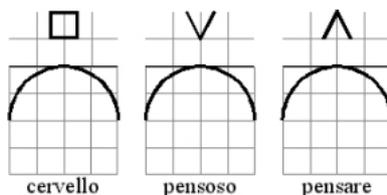


Figura 2.26: Esempio d'uso degli indicatori dei tempi verbali

Per quanto riguarda la creazione di nuovi simboli e quindi di nuovi significati, la grammatica Bliss prevede due modalità di costruzione:

**composizione:** un simbolo composto può essere ottenuto per sovrapposizione (fig. 2.27) oppure dalla sequenza di altri simboli (fig. 2.28). In questo secondo caso, la spaziatura tra i vari simboli che lo costituiscono deve essere di un Quarto<sup>22</sup>. Per evitare ambiguità o costruzioni non corrette, i simboli composti vengono rigidamente controllati dal BCI;

**combinazione:** un simbolo combinato è, in genere, costruito a partire da simboli del vocabolario BCI, posti alla distanza di un Quarto. Per convenzione, all'inizio e alla fine della sequenza si pone l'indicatore di combinazione rappresentato da due anelli concatenati (fig. 2.29).

<sup>22</sup>Il BCI ha definito una struttura, detta Quadrato, rispetto alla quale le differenze di grandezza, posizione e spaziatura possano essere riferite in modo univoco. Tale struttura viene suddivisa in quattro unità più piccole chiamate Quarti.

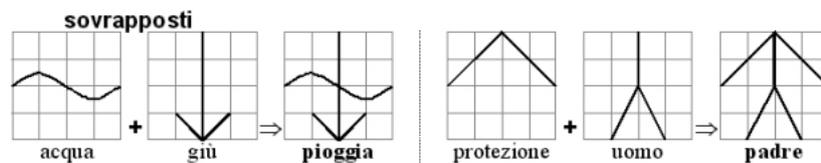


Figura 2.27: Esempio di simboli composti per sovrapposizione

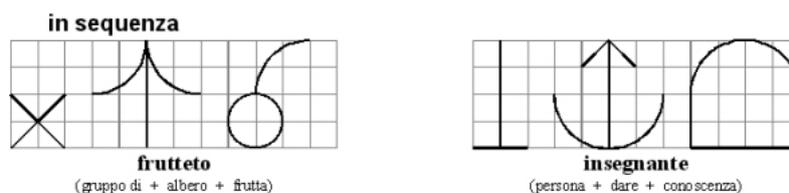


Figura 2.28: Esempio di simboli composti in sequenza

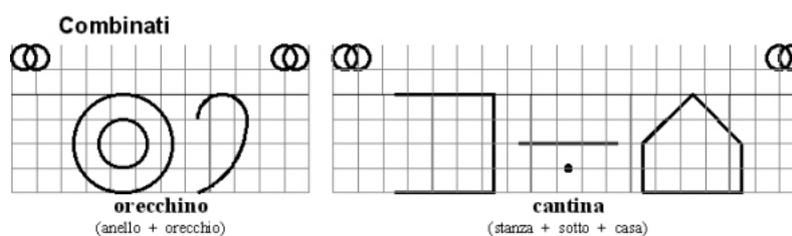


Figura 2.29: Esempio di simboli combinati

### Confronto tra il Bliss e gli altri linguaggi alternativi

Mettendo a confronto alcuni linguaggi alternativi (fig. 2.30) si può notare la differenza nella loro rappresentazione che può apparire più o meno intuitiva e chiara.

A tal proposito, una delle critiche ricorrenti al sistema Bliss è la non immediata trasparenza dei significati. A questo problema è però possibile ovviare mediante un processo di caratterizzazione, ovvero la contestualizzazione grafica dell'aspetto semantico; si riporta un esempio in figura 2.31 e figura 2.32.

Il vero carattere distintivo dei codici alternativi è da ricercare nella possibilità comunicativa offerta: i simboli Bliss, sia per il loro aspetto combinatorio sia per la grafica geometrica, si prestano a rappresentare qualsiasi significato. Infatti è l'unico codice alternativo, insieme al Picsyms, ad essere supportato da una ricca grammatica, con regole di composizione che permettono la scrittura di nuovi simboli, in modo tale

Database	I	House	Airplane	Orange	Cat
<b>Bliss</b> (2500 symbolen)					
<b>PCS</b> (3750 symbolen)					
<b>Pictogram</b> (900 symbolen)					
<b>Beta</b> (1100 symbolen)					
<b>Picture This</b> (2700 symbolen)					
<b>Rebus</b> (6000 symbolen)					
<b>Foto</b> (1800 symbolen)					
<b>Beeldlezen</b> (1200 symbolen)					

Figura 2.30: Linguaggi alternativi a confronto

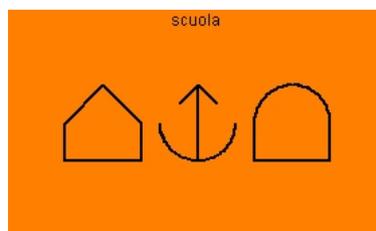


Figura 2.31: Scuola in simbolo Bliss

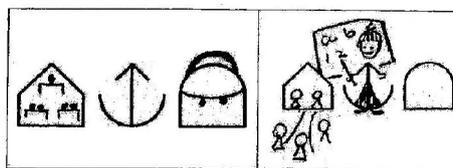


Figura 2.32: Esempi di caratterizzazione del simbolo scuola

da rendere possibile l'ampliamento del vocabolario, caratteristica fondamentale e irrinunciabile se si vuole che un sistema simbolico diventi un linguaggio di comunicazione.

Un secondo aspetto peculiare del Bliss consiste nella possibilità di rappresentare concetti astratti (ad es. amore, pace, lontano, vicino, ecc.). Negli altri codici, infatti, emerge la difficoltà di tradurre in forma iconica un significato astratto, in quanto si riscontra che tali linguaggi sono soprattutto dei dizionari di cui viene sviluppato in modo preponderante il lessico e non sono strutturati da regole formali organizzative. Si limitano pertanto a trasferire il significante da un codice fonologico a un codice pittografico, ma questo non sempre è possibile e limita pertanto il potere espressivo.

Le precedenti esperienze in letteratura hanno dimostrato che l'uso del sistema Bliss, dal momento che è un sistema basato sul significato e non sulla fonetica, che implica nel suo uso delle regole di costruzione ed organizzazione (che possono essere semplificate o ridotte in base al grado di disabilità) ha spesso favorito non solo la comunicazione, ma anche l'apprendimento della lettura e della scrittura.

## **2.3 Aiuto Informatico**

### **2.3.1 Intelligenza Artificiale e Handicap**

L'uomo ha sempre mostrato straordinarie capacità di inventiva nello sviluppare strumenti e dispositivi per aumentare l'efficienza e la facilità con cui svolgere i compiti quotidiani. Lo sviluppo delle tecnologie, che sta fortemente caratterizzando questo periodo della nostra società, può trovare un interessato campo applicativo nella realtà delle persone disabili, come aiuto nel superare alcune barriere architettoniche, favorendo l'integrazione e migliorandone l'autonomia. L'ICT (Information and Communication Technology) è per sua definizione la scienza dell'informazione e della comunicazione e per questo rappresenta un'enorme potenzialità da sfruttare nei migliore dei modi, consci dei suoi limiti e delle problematiche che ne conseguono in un approccio con utenti diversamente abili. Le ricerche e le esperienze in letteratura [14] mostrano che gli strumenti dell'ICT non solo possono consentire al disabile di esprimere le sue intenzioni comunicative, ma possono anche aiutarlo a costruirsi rappresentazioni e concetti che rendono la sua interazione con il mondo più ricca e meno problematica.

## Definizione e Bipolo uomo-macchina

La denominazione “intelligenza artificiale” (IA) è stata formulata per la prima volta da John McCarthy, della Stanford University, durante uno storico simposio tenutosi nel 1956 al Dartmouth College, negli Stati Uniti.

La IA è quella disciplina, appartenente all’informatica, che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che permettono di progettare sistemi digitali (hardware) e sistemi di programmi (software) capaci di fornire all’elaboratore elettronico delle prestazioni che, ad un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell’intelligenza umana [92].

Spesso, nella letteratura giornalistica di divulgazione, con IA si indica la funzione avanzata di elaborazione che la macchina è in grado di compiere. In realtà è “l’uomo che fa la macchina e che fa fare alla macchina”; l’intelligenza non è una prestazione della macchina, ma dell’uomo.

Obiettivo di questa disciplina non è quello di simulare l’intelligenza umana, ma di emularla, ossia farsi che alcune prestazioni dell’intelligenza dell’uomo possano anche essere fornite da una macchina.

Per questo “la IA è considerata al tempo stesso una scienza e un’ingegneria” [73]. È una scienza perché, nel momento in cui vengono emulati, con determinati sistemi artificiali, alcuni comportamenti “intelligenti”, l’uomo realizza l’obiettivo di modellizzazione oggettiva e di sperimentabilità. È un’ingegneria perché, nel momento in cui vengono ottenute delle macchine che emulano certi comportamenti, ritenuti inaccessibili all’artificiale, si fornisce un oggettivo progresso tecnico e tecnologico al miglioramento della vita dell’uomo.

A tal proposito, è molto utile, allo scopo di inquadrare il progetto Bliss2003, tener presente la definizione di Bipolo Informatico o Bipolo uomo-macchina [3] che è stato uno dei cavalli di battaglia del geniale prof. Somalvico<sup>23</sup>, docente di IA al Politecnico di Milano (fig. 2.33).

Con bipolo informatico si intende una coppia composta da un utente umano e da un sistema di elaborazione automatica dei dati, posti in comunicazione fra loro attraverso delle specifiche interfacce (fig. 2.34).

In questa concezione, caratterizzata dalla copresenza dell’uomo e della macchina come unico agente e reagente del processo comunicativo interpersonale, ogni individuo viene visto come unico soggetto che svolge le proprie attività in due siti distinti chiamati poli:

---

<sup>23</sup>Il professor Marco Somalvico (1941-2002) è stato da sempre attento al mondo dei disabili, avviando una serie di applicazioni tecnologiche per l’integrazione delle persone disabili, nell’intento di migliorarne la qualità della vita.

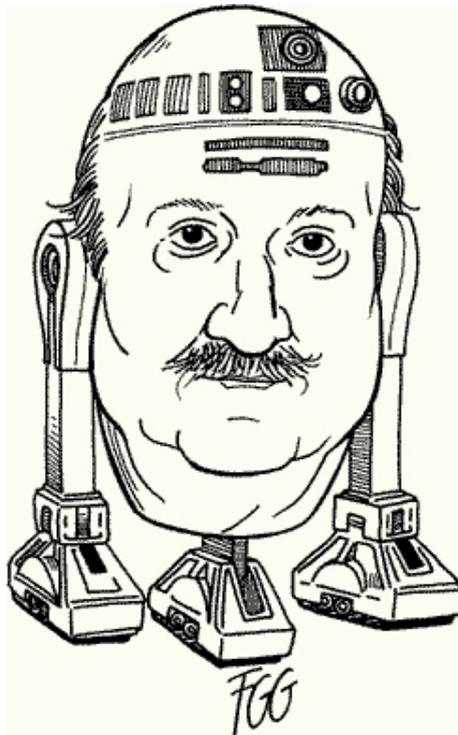


Figura 2.33: Caricatura del Prof. M. Somalvico



Figura 2.34: Rappresentazione simbolica dell'IA

**polo UOMO-CORPO:** corrisponde al corpo fisico dell'uomo (cervello e sistema senso-motorio);

**polo UOMO-MACCHINA:** corrisponde sia all'elaboratore che al robot. Il primo è la sede che emula una parte dell'attività intellettuale della persona; il secondo emula, in parte, le attività fisiche e sensoriali.

Sono numerose le attività che il polo uomo-corpo può demandare al polo uomo-macchina, liberando così le energie intellettuali per problemi di livello superiore.

Nel caso di persone disabili, il polo uomo-macchina può sopperire ad alcune limitazioni del polo uomo-corpo eseguendo quelle attività fisiche che quest'ultimo non è in grado di svolgere.

Il disabile può interagire con la macchina nei più svariati modi<sup>24</sup>: “la macchina è come il genio e l'uomo è Aladino”, ripeteva spesso il prof. Somalvico nel suo corso.

Ovviamente l'uso delle tecnologie non risolve “magicamente” tutti i problemi di un portatore d'handicap: la stessa integrazione uomo-macchina potrebbe spostare l'attenzione dalla sfera umanistica a quella tecnica. Il rischio è quello di banalizzare, vadendola soltanto in termini di efficienza, la reale problematica del disabile che non è unicamente prestazionale, ma soprattutto psicologica ed esistenziale<sup>25</sup>. Tuttavia non esiste alcuna contrapposizione tra dimensione umanistica e dimensione tecnica. Nonostante lo scetticismo che spesso si incontra proponendo certe soluzioni ad esperti del campo medico-riabilitativo, “lo strumento tecnologico e le sue strategie applicative sono uno degli aspetti costitutivi della nuova visione antropologica: lo studio dell'IA è un punto di fondamentale importanza, per l'argomento che stiamo trattando, in quanto dimostra l'essenzialità di un'azione transculturale congiunta” [14].

### **IRD: le realizzazioni di sistemi Bliss al Politecnico**

Nell'ambito dei progetti della IA e robotica del Politecnico di Milano, il prof. Somalvico aveva dato vita, una decina di anni fa, a un'area di ricerca denominata IRD (Informatica e Robotica per Disabili), che ha prodotto una serie di sistemi il cui fine ultimo è quello di rompere le barriere poste dalle disabilità dei portatori d'handicap.

Tra questi progetti vi sono parecchi lavori dedicati al linguaggio Bliss, di cui riportiamo una breve presentazione, rimandando i dettagli alle relative tesi, in quanto Bliss2003 ne sfrutta alcune e ne sostituisce altre.

#### *APBliss89 per DOS* [38]

È stata la prima applicazione del linguaggio Bliss al Politecnico, sviluppata per il sistema operativo MsDos in collaborazione con l'AICA

---

<sup>24</sup>Al giorno d'oggi sono presenti una miriade di ausili che facilitano l'uso di un calcolatore e delle sue applicazioni in base al grado di disabilità. Nell'appendice A sono riportati le principali soluzioni dell'information technology per il settore della comunicazione.

<sup>25</sup>“Questo è il mondo dove efficienza è la parola d'ordine, dove si fa strada solo colui che è capace, dove non c'è posto per le persone in difficoltà poichè non rendono e sono solo un peso. La speranza è che l'amore abbia ancora un significato e prenda il posto dell'aridità e del calcolo matematico dell'efficientismo” [8].

(Associazione per l'Incremento della Comunicazione Alternativa) di Milano. Sono previsti 5 ambienti di lavoro:

**ambiente discorso (blu):** dove l'utente seleziona i simboli Bliss dalla tabella per comporre una frase che compare in una zona dello schermo;

**ambiente lavagna (nero):** dove l'utente ha più spazio per la visualizzazione del testo;

**ambiente costruzione tabella (rosso):** utilizzato per creare una propria tabella a partire da simboli contenuti nel dizionario generale o creati precedentemente;

**ambiente costruzione simboli (verde):** per la creazione di un nuovo simbolo a partire dalle forme base;

**ambiente opzioni (grigio):** per gestire le varie opzioni del sistema.



Figura 2.35: Ambiente blu di APBliss89

#### *Analizzatore semantico* [25]

Per tradurre uno scritto Bliss in lingua italiana, arricchendolo di preposizioni, congiunzioni, articoli, coniugazioni dei verbi in base al genere e al numero, è stato realizzato BlissInt. Questa applicazione, basata sulla tecnologia TSR<sup>26</sup>, può essere considerata un primo approccio all'analisi semantica ed è stata successivamente migliorata e integrata in

<sup>26</sup>Con l'acronimo TSR (Terminate and State Resident) si identificano quei programmi che una volta mandati in esecuzione rimangono residenti in memoria centrale al fine di poter essere velocemente richiamati da altre applicazioni.

Bliss2000.

#### *Artificial Bliss* [24]

Si tratta di un progetto che, per la sua natura, si discosta dal resto dei sistemi IRD riguardanti il linguaggio Bliss. Consiste nell'applicazione del Bliss in un contesto di controllo di robot e agenti domotici<sup>27</sup>, permettendo al disabile una gestione più autonoma dello spazio circostante. Il possesso della padronanza del linguaggio Bliss porta l'utente ad essere "dominus in domo", ossia colui che controlla e abita la propria casa.

#### *BlissTutor* [96]

Nasce come strumento per l'apprendimento del linguaggio Bliss, una sorta di insegnante multimediale in grado di insegnare l'uso dei simboli riproducendo delle lezioni pensate tipicamente da un assistente. Può essere utilizzato non solo per facilitare e integrare la comunicazione nei disabili verbali, ma anche da bambini in età prescolare, al fine di apprendere le regole logiche per strutturare un pensiero. È possibile, per esempio, ricostruire accadimenti, esperienze personali, organizzandoli nelle varie forme grafiche e sonore.

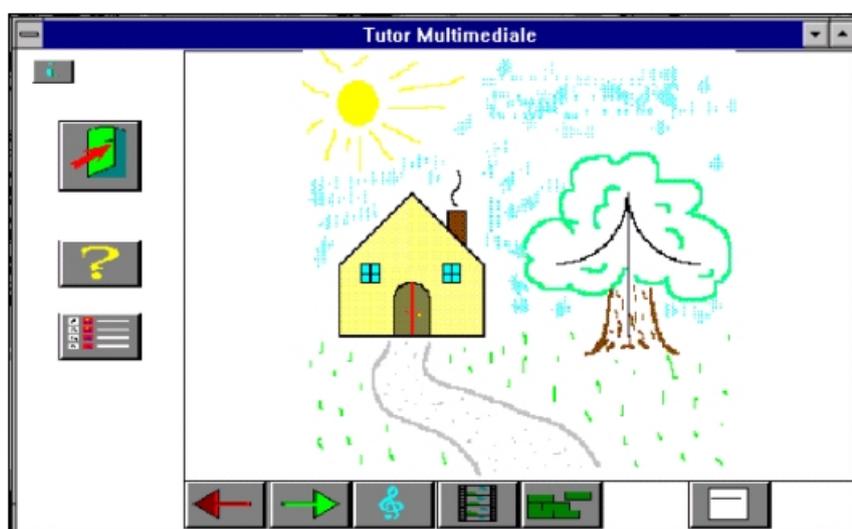


Figura 2.36: BlissTutor

<sup>27</sup>La domotica è una disciplina/area tecnologica in grado di integrare le diverse tecnologie/apparati presenti nell'abitazione, offrendo un nuovo e più elevato livello di funzionalità e di sicurezza in ambito domestico, aumentando il livello di autonomia di una persona disabile.

### *Bliss per Win 3.1* [94]

Si tratta di un prototipo del sistema Bliss per ambiente Windows 3.1. Il progetto mantiene le stesse funzionalità di APBliss89 proponendone di nuove e discutendo il rifacimento di alcune già esistenti. A titolo esemplificativo è stata realizzata l'interfaccia utente dei vari ambienti, per mostrare come sarebbe cambiato, in futuro, l'aspetto di APBliss89. È stato il trampolino di lancio per lo sviluppo completo in ambiente Windows concretizzatosi con Bliss2000.

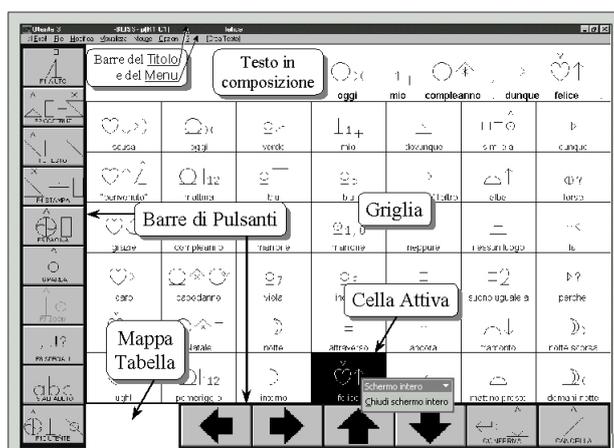


Figura 2.37: Interfaccia grafica di Bliss per Win 3.1

### *Bliss2000* [33]

Nasce dall'esigenza di rinnovare la versione Bliss per Dos realizzata nel 1989 [38], in particolare dalla necessità di adeguarsi all'evoluzione dei sistemi operativi. La nuova versione prevede una gestione più semplice delle periferiche e del sistema di scansione, nonché una interfaccia utente totalmente ridisegnata secondo lo standard delle applicazioni Windows. Sono stati aggiunti altri due ambienti di lavoro dedicati alla creazione di simboli combinati (ambiente magenta) e alla ricerca veloce di un simbolo all'interno della tabella (ambiente giallo). Una descrizione più dettagliata, soprattutto sullo stato di funzionamento di Bliss2000 è contenuta nella sezione 3.2.

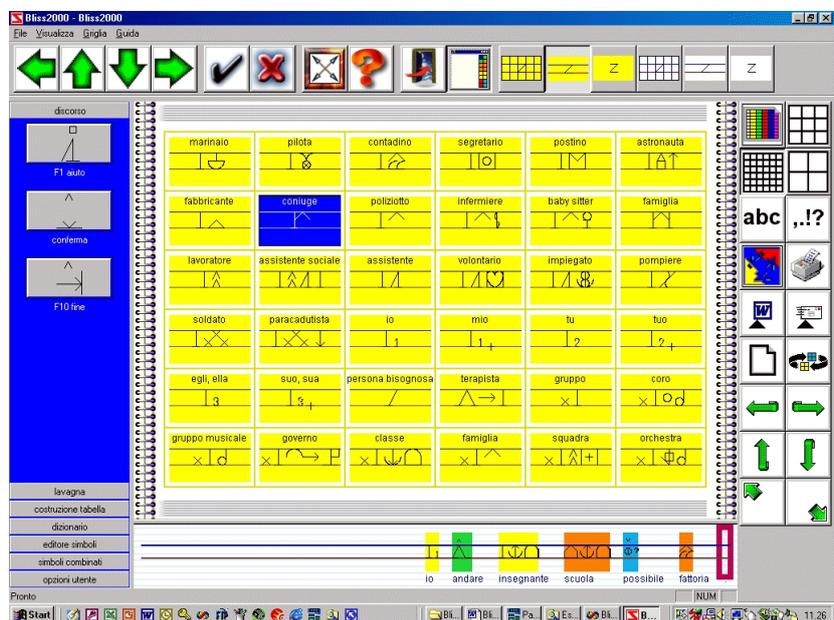


Figura 2.38: Ambiente blu di Bliss2000

### 2.3.2 Sistemi informatici commerciali di AAC

È possibile riscontrare in letteratura scientifica e commerciale circa 30 applicativi informatici<sup>28</sup> dedicati ai problemi relativi alla disabilità verbale. Tali applicativi permettono sostanzialmente di poter creare messaggi utilizzando linguaggi alternativi e una piccola parte possono essere utilizzati come sistemi di tutoring per il linguaggio Bliss. Da una analisi di tali strumenti si può osservare che il funzionamento è essenzialmente lo stesso per tutti gli applicativi; gli elementi che invece caratterizzano tali sistemi sono: l'interfaccia grafica, la facilità d'uso e le funzionalità accessorie. Tra queste peculiarità, non presenti in tutti gli applicativi, è possibile trovare:

- l'interfaccia fisica,
- l'accesso ad internet,
- la sintesi vocale.

Le interfacce fisiche che vengono solitamente utilizzate sono numerose e di varia natura, è possibile citarne alcune tra le più importanti<sup>29</sup>: tastiera, mouse, joystick, sensori di ogni tipo, touch screen, tavolette grafiche, ecc. Ciò che non è chiaro a riguardo dei vari applicativi presenti in letteratura è come tali interfacce vengano ad introdursi e connettersi con il computer, quante interfacce possono essere utilizzate contemporaneamente e come queste possono essere riconfigurate.

L'accesso a internet risulta una funzionalità importante qualora si voglia poter mettere in comunicazione due disabili a distanza; l'applicativo diventa anche uno strumento con cui inviare messaggi, sia sottoforma di email sia sottoforma di messenger o chat.

La sintesi vocale ha lo scopo di aumentare l'interazione e la facilità di comunicazione tra persone, in questa ottica tale strumento informatico può riprodurre vocalmente il messaggio scritto dal disabile con un linguaggio alternativo. La persona ha così la possibilità di comunicare non solo indicando il simbolo, ma anche associando ad esso un messaggio verbale che è udito dagli altri. Così facendo, si ristabilisce il ruolo naturale dell'interlocutore che può rimanere in ascolto, senza dover prestare attenzione continua ad ogni manifestazione del disabile verbale.

I software presentati provengono da produttori di tutto il mondo, ma è possibile affermare che i paesi in cui esiste una maggiore attenzione

---

<sup>28</sup>In questa sezione verranno trattati solo software di comunicazione, ossia programmi che trasformano un particolare codice comunicativo in un messaggio comprensibile per l'interlocutore.

<sup>29</sup>Una descrizione più dettagliata è raccolta nell'appendice A.4 e A.5 di questa tesi.

riguardo tali sistemi di AAC sono il Canada, gli USA e i paesi del nord Europa.

Gli applicativi sono stati raggruppati in base a questa logica:

- applicativi basati sul BLISS,
- applicativi basati su altri linguaggi alternativi simbolici,
- applicativi su dispositivi portabili e mobili.

Di ogni applicativo viene fornita ora una breve descrizione, evidenziando gli aspetti che lo distinguono dagli altri.

### **Strumenti informatici per l'utilizzo del linguaggio Bliss**

*ACCESS. Distributore:* Giano Informatica s.r.l.

*Fonte:* <http://www.area.fi.cnr.it/news/1.95/tronconi.htm>.

È un sistema di ausilio per la comunicazione e la telecomunicazione simbolica che utilizza il linguaggio Bliss. Il programma è strutturato in diversi moduli funzionali integrati attorno a quello centrale di comunicazione. Questo consente di creare una tabella di simboli personalizzata per ogni utente e di poterla utilizzare nella scrittura di un messaggio. I simboli sono raggruppati in sezioni tematiche. Il messaggio può essere registrato, inviato a distanza via modem, letto da un sintetizzatore vocale. I moduli “temi” e “pagine” servono ad elaborare le tematiche con cui sono organizzati i simboli ristrutturando le pagine che li compongono ed i simboli all'interno di ciascuna pagina. Il modulo “messaggi” permette di modificare i messaggi esistenti su disco relativi al tema corrente. Il modulo “servizi” serve soprattutto al terapeuta per personalizzare l'ambiente rispetto ai diversi utilizzatori. È prevista la realizzazione di altri due moduli: “addestramento”, per l'autoistruzione, e “statistiche”. Interessante l'uso di sintesi vocale che viene anche impiegata nell'aiuto per la selezione di un simbolo.

*BLISS for Windows©. Distributore:* Handicom.

*Fonte:* <http://www.handicom.nl/english/index.html>.

Si tratta di una suite di 6 programmi ognuno dei quali realizza un compito specifico: costruttore di vocabolario per definire un dizionario sintetico e personale a partire dai 2000 simboli presenti; word processor, permette la composizione di frasi in Bliss selezionando i simboli da un vocabolario e traducendo in inglese quanto scritto (fig. 2.39); editor di simboli per modificare o crearne di nuovi, esportatore di simboli, per riusarli in altri applicativi, comunicatore vocale, per il word processor; il modulo Paper Chart Maker che permette di realizzare griglie di simboli bliss da utilizzare con i VOCAs (fig. 2.40).

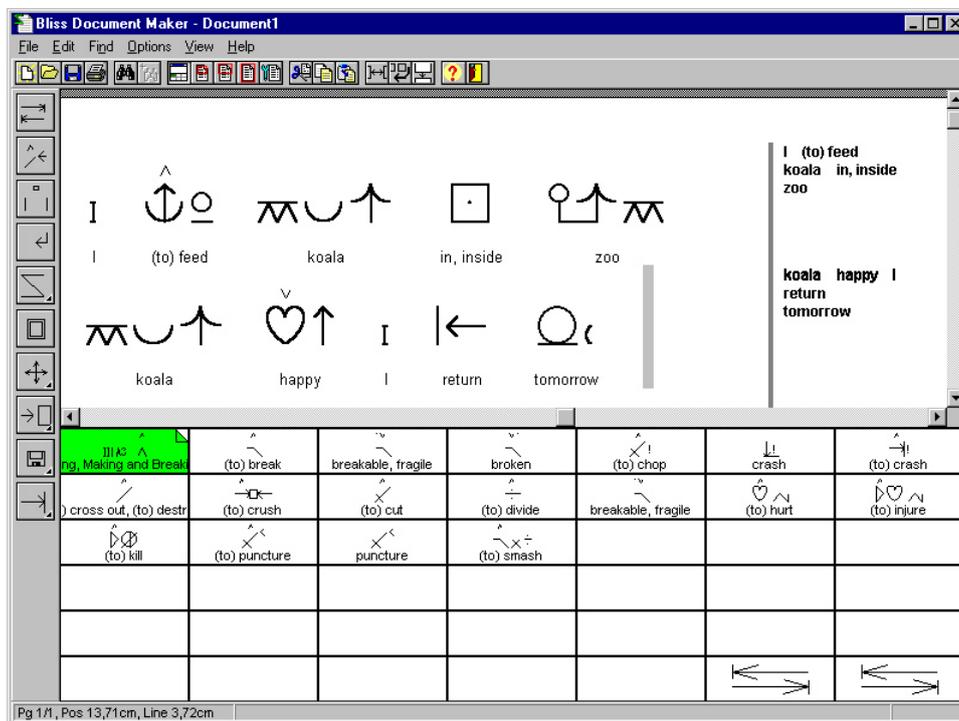


Figura 2.39: Bliss for Windows©, composizione di messaggi

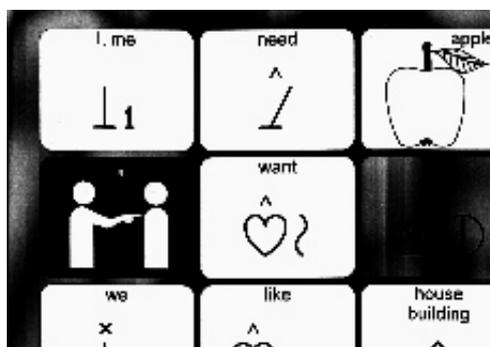


Figura 2.40: Bliss for Windows©, particolare dei simboli

*BLISS CAT. Distributore: VTT Information Technology.*  
*Fonte: <http://www.vtt.fi/tte/samba/projects/interfaces/puhuri/blisscateng.htm>.*

Si tratta di un programma di tutoring del linguaggio Bliss, rivolto principalmente a bambini che devono poi utilizzare un software di AAC basato sul Bliss. Attraverso una serie di ambientazioni animate l'utente

apprende il linguaggio dei simboli, impara ad utilizzare i dispositivi di input (tastiera, mouse, scansione con switches, ecc.). È presente una sintesi vocale e c'è la possibilità di importare un testo personalizzato piuttosto che una frase vocale. Riferimento in figura 2.41.

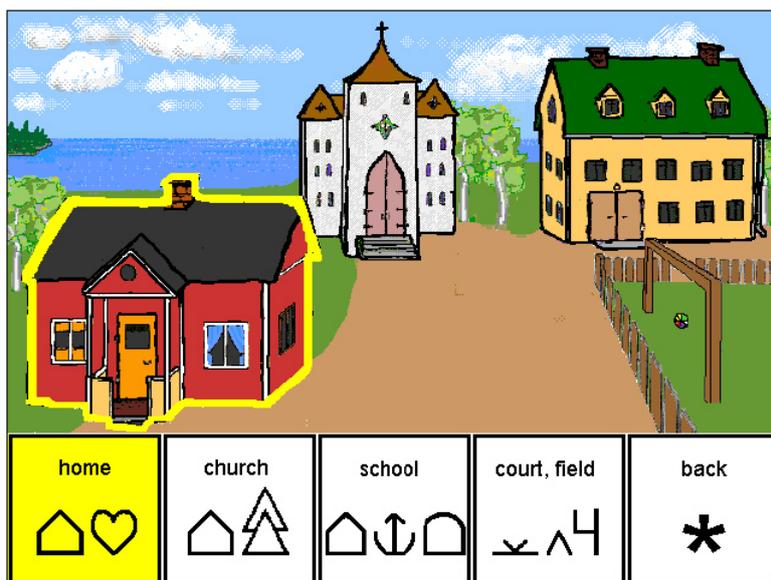


Figura 2.41: Bliss Cat

*BLISSINTERNET. Distributore: BCI.*

*Fonte:* <http://home.istar.ca/~bci/using.htm>.

È un modo per permettere agli utenti Bliss di comunicare elettronicamente con altri utenti in tutto il mondo, sfruttando la rete internet. Il package è costituito da due componenti correlati fra loro: il primo è il BlissWrite, un word processor con cui si possono creare, modificare messaggi in linguaggio Bliss o in linguaggio normale, o combinando i due; si possono tradurre testi da un linguaggio all'altro. Il secondo è il BlissMail, un programma di invio/ricezione email.

*BLISSYMBOLICS WEBPAGE EDITOR. Distributore: Symbols.*

*Fonte:* <http://www.symbols.net/blissymbolics/blissweb.html>.

Si tratta di un editor per la creazione di pagine web o siti web interamente in Bliss. Incorpora anche un motore per l'invio/ricezione di email scritte in Bliss. Riferimento in figura 2.42.

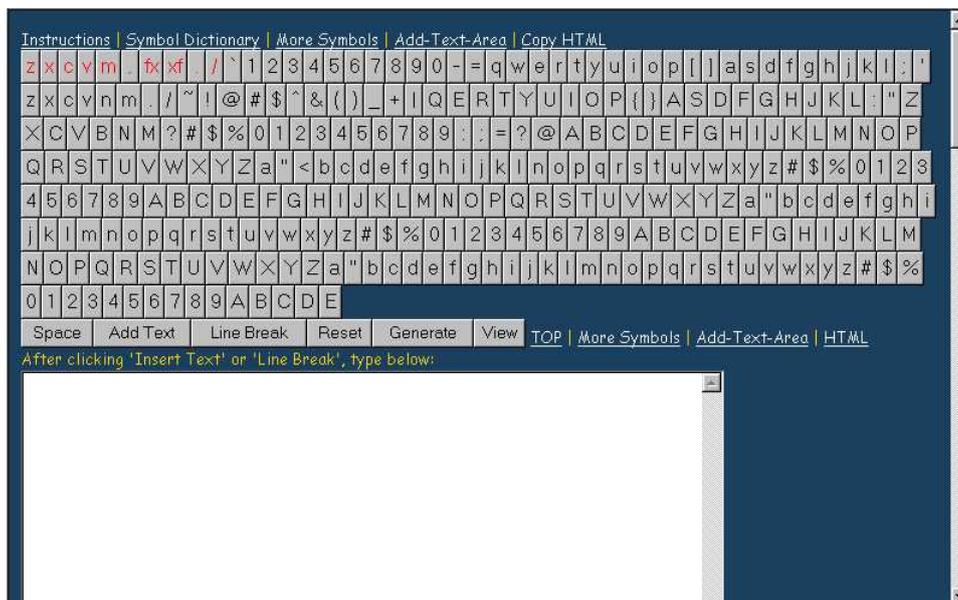


Figura 2.42: Blissymbolic Webpage Editor

## Strumenti informatici per l'utilizzo di altri linguaggi alternativi

*ANNALISA*. Distributore: Ke:Nx.

Fonte: <http://www.areato.org>.

Questo sistema è costituito da una serie di icone di comunicazione che sono strutturate a cascata, cioè ad ogni icona scelta succede un'altra serie di alternative fintanto che non si arriva a quella desiderata, per poi ritornare alla prima serie di icone di partenza. In questo caso specifico la prima serie di icone è strutturata su richieste quotidiane (“vorrei mangiare”, “vorrei ascoltare della musica”, “vorrei andare”, ecc.) a cui sono collegate altre icone che portano così a definire in modo più specifico la richiesta iniziale. Ad es. l'icona ho fame apre un'altra serie di icone che permettono di scegliere fra la richiesta di un primo, un secondo o un contorno e così via.

*ASSISTANT*. Distributore: Pikotec.

Fonte: <http://www.pikotec.fi/assi.html>.

Oltre ad essere un sistema di aiuto alla riabilitazione comunicativa, questo prodotto può essere usato come interfaccia simbolica per il PC, associando ai simboli chiamate ad altri programmi o funzioni da svolgere, in altri termini funge da assistente. Interessante l'opportunità di collegare una tastiera con codici morse, come dispositivo di input





Figura 2.44: Clicker 4

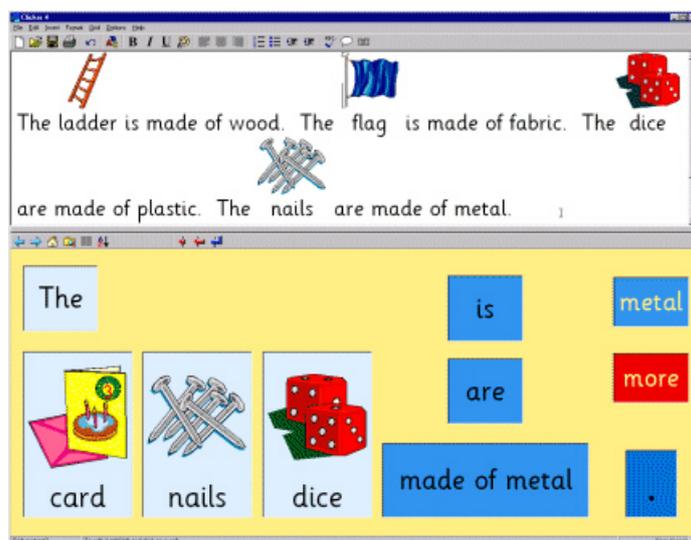


Figura 2.45: Clicker 4

o una immagine, può eseguire una determinata azione, oppure richiamare a sua volta un'altra tabella. Utile la possibilità di associare ad ogni cella un file audio personalizzato per avere la predizione del contenuto di una cella/tabella. Offre anche un feedback all'utente attraverso l'uso di una barra frastica, nella quale viene riportato ogni simbolo selezionato. Riferimento in figura 2.46.

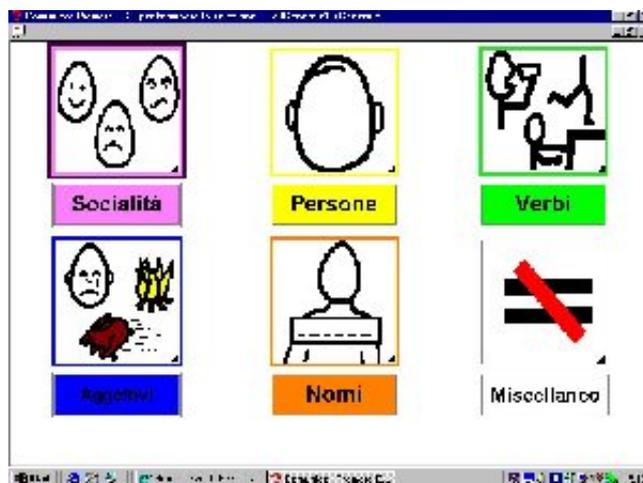


Figura 2.46: Comunica

*COMUNICA. Distributore: DynaVox.*

*Fonte: <http://www.dynavoxsys.com/index.html>.*

È costituito da un insieme di pagine di simboli per aiutare l'utente nelle conversazioni quotidiane, proponendo una scelta tra vocaboli riguardanti le situazioni più comuni. È possibile cambiare il vocabolario in base al contesto in cui si trova l'utente. La scelta dei simboli avviene mediante l'apertura di menù pop-up. È previsto l'accesso anche mediante scansione automatica. Riferimento in figura 2.47.

*DYNAVOX 2.0. Distributore: DynaVox System.*

*Fonte: <http://www.dynavoxsys.com>.*

Caratteristica del prodotto è la possibilità di creare pagine di simboli che possono essere trasferiti ad altri sistemi, come i VOCAs, usando una tecnologia a raggi infrarossi (questo è valido solo con i comunicatori prodotti dalla stessa Dynavox). Include un software di sintesi vocale con 10 voci diverse, dal bambino all'adulto, maschio e femmina. L'utente è aiutato nella scelta dei simboli da un sistema di predizione.

*GUS! MULTIMEDIA SPEECH SYSTEM. Distributore: Gus Communication Inc.*

*Fonte: <http://www.gusinc.com/speechsystem.html>.*

Questo package per la AAC è composto da diversi moduli. Ad ogni immagine, può essere associato un messaggio sonoro, in tal modo, selezionando un simbolo o più simboli in sequenza, è possibile udire la lettura del messaggio o dei messaggi corrispondenti. La matrice

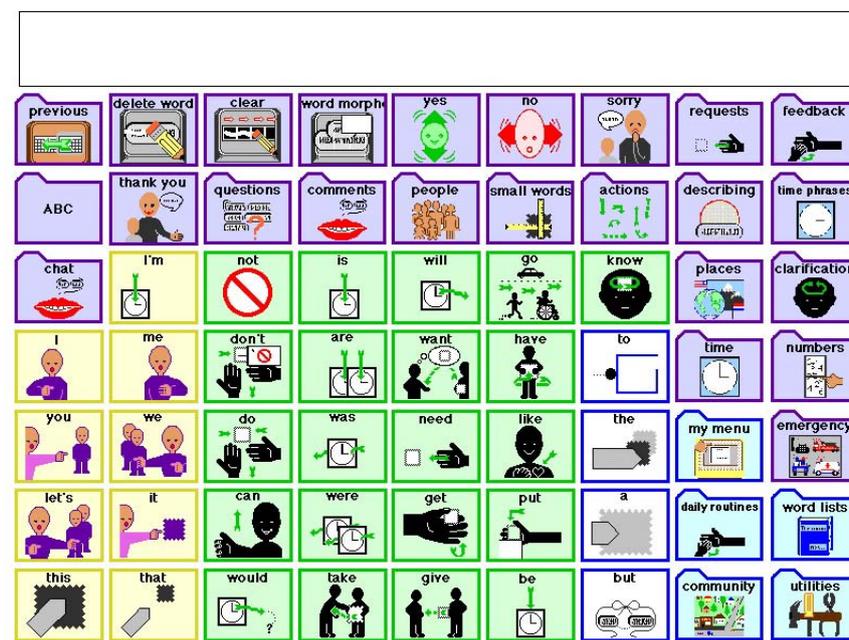


Figura 2.47: Comunica

può essere composta, oltre che da celle con referente semantico di tipo linguistico, da celle che richiamino altre matrici preparate precedentemente, che verranno presentate secondo un ordine programmabile. È previsto un programma di scansione automatica degli elementi. Tra i moduli offerti vi è anche una calcolatrice con selezione a scansione automatica e uscita vocale. Riferimento in figura 2.48.

*INTER\_COMM. Distributore:* Mayer-Johnson Inc.

*Fonte:* <http://www.mayerjohnson.com/software/index.html>.

È rivolto a persone con problemi di lettura/scrittura, è un modo alternativo per comunicare via email. L'utente può scrivere, spedire, ricevere e leggere emails usando simboli o foto. La selezione del destinatario avviene attraverso la scelta di una foto, il testo viene composto avvalendosi del symbol processor incluso. Il destinatario riceverà l'email in formato testuale a meno che possenga anche lui un software simbolico di AAC. Il prodotto è quindi interamente accessibile a chi non sa leggere attraverso i normali canali comunicativi: ad esempio, permette la gestione multi-utente con un intelligente sistema di password ovviamente simboliche. Riferimento in figura 2.49.

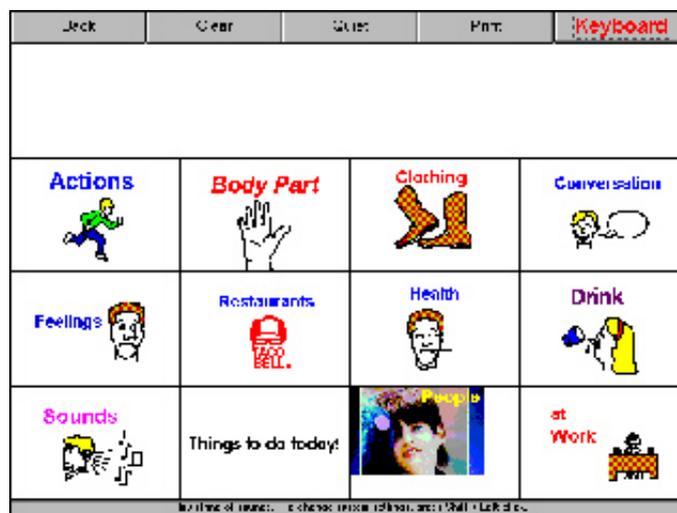


Figura 2.48: Gus! Multimedia Speech System

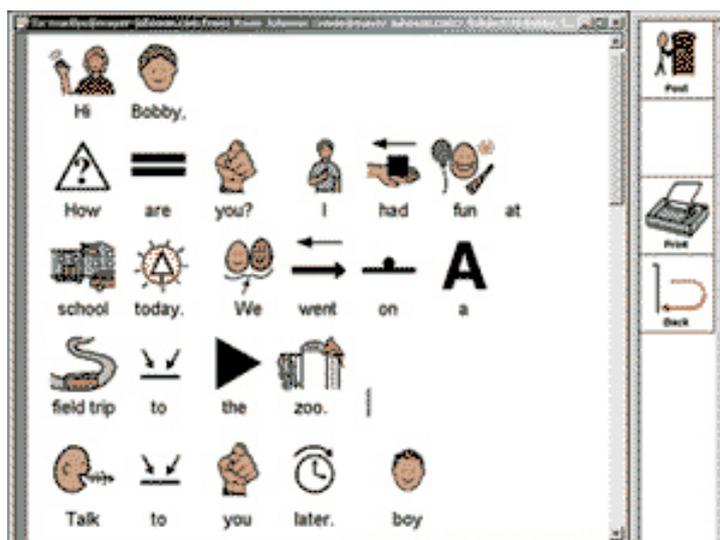


Figura 2.49: INTER\_COMM

*JTALKER. Distributore: AlexannaSoft.*

*Fonte: <http://www.alexannasoft.com/main.html>.*

Rivolto ad utenti con difficoltà verbali, vuole essere di supporto nella riabilitazione. Non prevede un word processor in cui appaiano i simboli selezionati, ma questi vengono direttamente letti usando un messaggio vocale precedentemente registrato. Accanto all'ambiente principale è

presente un ambiente “administrator” rivolto al terapeuta per impostare le tabelle simboliche. Riferimento in figura 2.50.



Figura 2.50: JTalker

*MIND EXPRESS 3.0.* Distributore: Technologie & Intégratie.

Fonte: [http://www.tni.be/english/e\\_products.html](http://www.tni.be/english/e_products.html).

Studiato per migliorare la comunicazione e aumentare la possibilità d'indipendenza del disabile. Permette di usare qualsiasi tipo di simbolo, a corredo fornisce un ottimo database di simboli Bliss, PCS, Beta, PIC e Rebus. Ogni cella può essere associata alla sintesi vocale o ad un'altra azione (aprire applicativo, accendere una luce, comporre un numero telefonico, ecc.). Caratteristica di spicco è la possibilità, in combinazione con un trasmettitore ad infrarossi, di comandare i dispositivi presenti nell'ambiente (televisione, radio, luci, ecc.). Questo fa del sistema un piccolo ausilio per la domotica. Altra particolarità consiste nel poter realizzare esercizi di AAC posizionando i simboli sopra delle foto, in modo da rendere ancor più realistico e comprensibile il contesto comunicativo. Riferimento in figura 2.51 e in figura 2.52.

*PERSONAL COMMUNICATOR.* Distributore: Cambridge Adaptive.

Fonte: <http://www.possum.co.uk/Cambridge/Communication%20Software.htm>.

Questo software di comunicazione (fig. 2.53) oltre alle classiche funzioni dei sistemi informatici di AAC, offre la possibilità di consultare un archivio storico dei messaggi scritti, con conseguente risparmio di

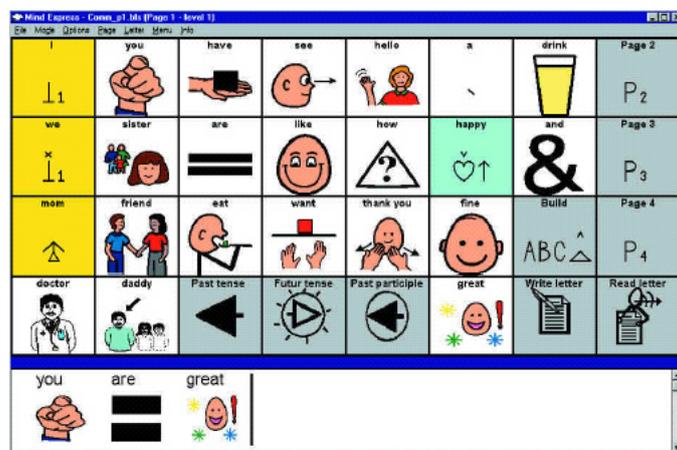


Figura 2.51: Mind Express 3.0

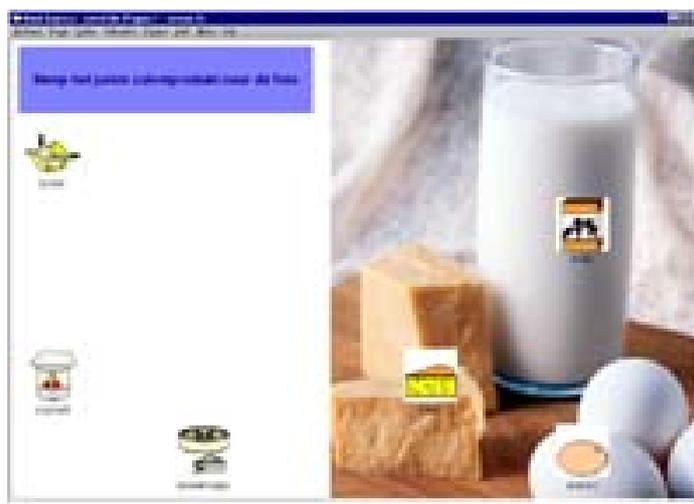


Figura 2.52: Mind Express 3.0

tempo per l'utente che deve comunicare. Accanto a questo applicativo, lo stesso produttore offre un modulo per la costruzione di overlay statici. Paper Chart Maker è infatti dedicato ai terapeuti o ai parenti del disabile e permette di creare delle griglie per i dispositivi di comunicazione come i VOCAs, in modo semplice e veloce, attraverso il drag-and-drop (fig. 2.54).

*PICTOCOM SE. Distributore: Pictocom.*

*Fonte: <http://www.zygo-usa.com/pictose.html>.*

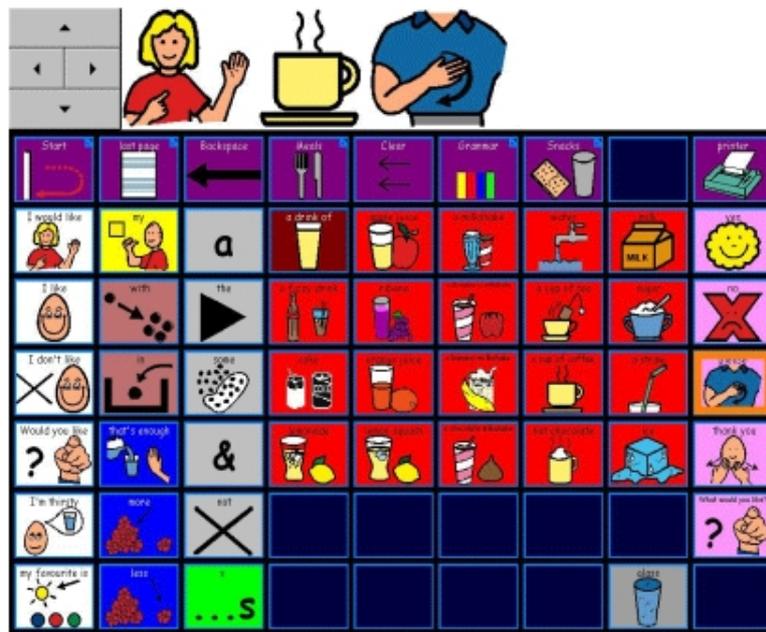


Figura 2.53: Personal Communicator

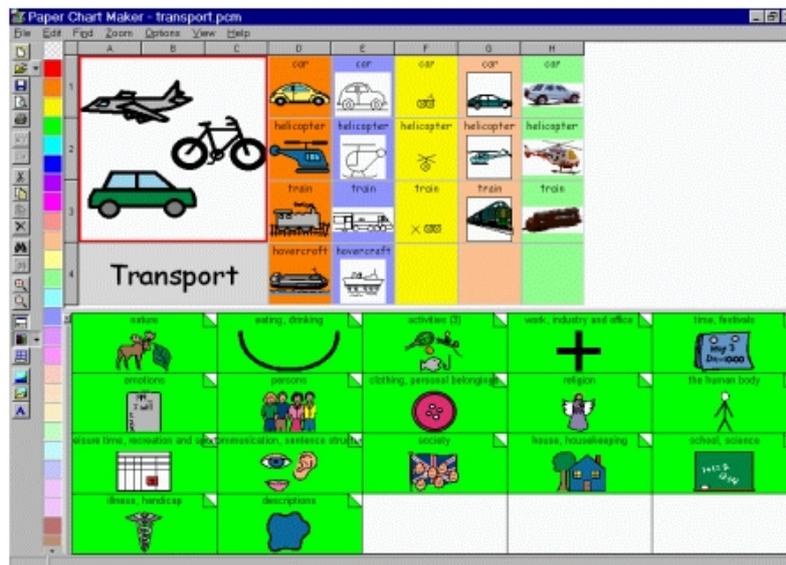


Figura 2.54: Personal Communicator

Software d'aiuto alla comunicazione basato sull'uso di simboli che vengono scelti percorrendo un albero di tabelle predefinito, scegliendo

prima il contesto e man mano si procede nei dettagli. Riteniamo il prodotto un po' scarso in termini di vocaboli: sono infatti presenti solo 6 contesti d'uso e questo limita di fatto il potere comunicativo dell'utente. Il vantaggio lo si ha nella facilità d'uso. Riferimento in figura 2.55, figura 2.56 e figura 2.57.

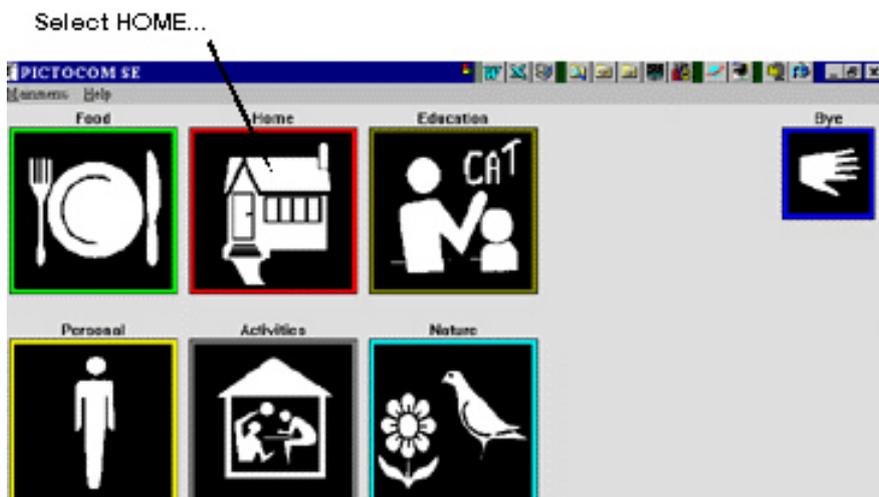


Figura 2.55: Pictocom SE



Figura 2.56: Pictocom SE

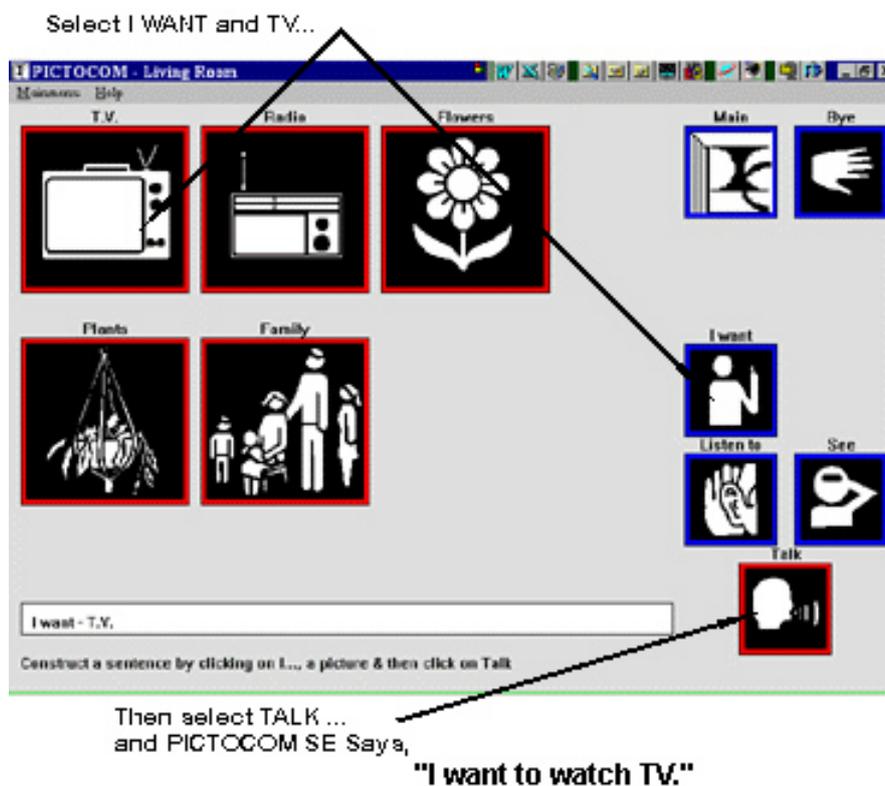


Figura 2.57: Pictocom SE

*PICTURE. Distributore:* Inclusive TLC.

*Fonte:* [http://www.inclusivetlc.com/catalog/learning/picture\\_it.shtml](http://www.inclusivetlc.com/catalog/learning/picture_it.shtml).

Comprende 3 programmi: il primo PixWriter, il classico word processor corredato di sintesi vocale, in cui l'utente compone una frase selezionando i simboli dalle tabelle (fig. 2.58); il secondo Picture It, dedicato a migliorare la comprensione della lingua scritta avvalendosi del linguaggio simbolico, fondamentale per certi tipi di disabilità. Si scrive in inglese e il programma traduce il testo in linguaggio simbolico (fig. 2.59); il terzo PixReader, dedicato a chi ha problemi verbali o di dislessia<sup>30</sup>. Dà voce a quanto prodotto con Picture It. A video si ha sempre il testo della storia con sopra i simboli corrispondenti (fig. 2.60).

*SPEAKING DYNAMICALLY PRO. Distributore:* Mayer-Johnson Co.

*Fonte:* <http://www.mayerjohnson.com/software/index.html>.

<sup>30</sup>Col termine dislessia s'intende un deficit dell'apprendimento della lettura in fanciulli scolarizzati senza deficit sensoriali.

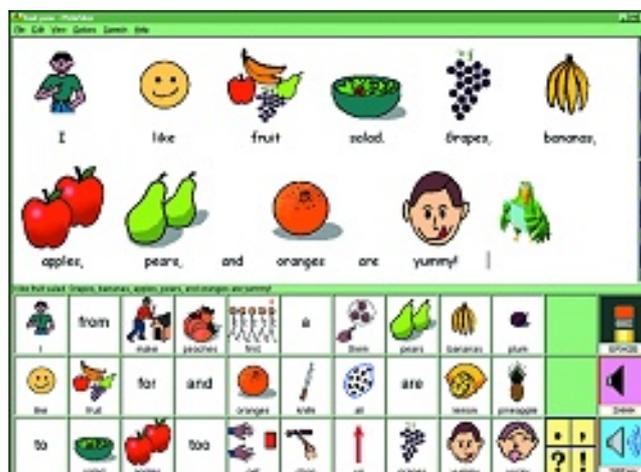


Figura 2.58: Picture

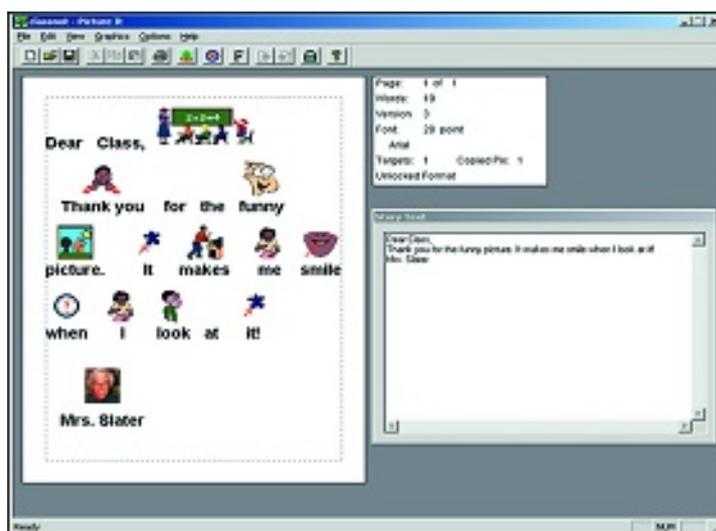


Figura 2.59: Picture

Permette all'utente di comunicare avvalendosi di una serie di tabelle, già impostate e strutturate gerarchicamente, che raggruppano i simboli in base ad un certo contesto d'uso. Permette l'interfacciamento con alcuni tipi di VOCAs in quanto dotato di una sintesi vocale. Caratteristica che lo contraddistingue è la possibilità di vedere dei filmati attraverso il motore QuickTime incluso nell'applicativo. Riferimento in figura 2.61 e in figura 2.62.

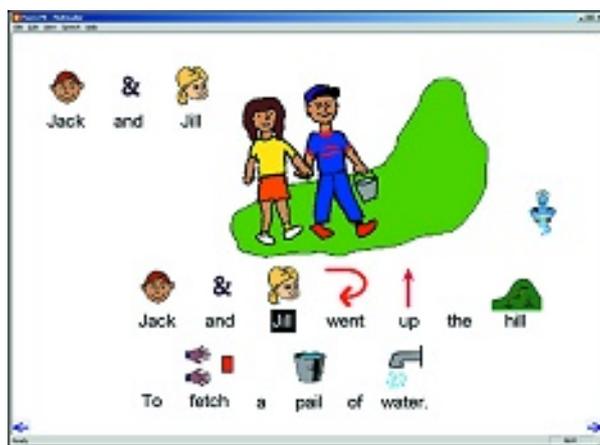


Figura 2.60: Picture

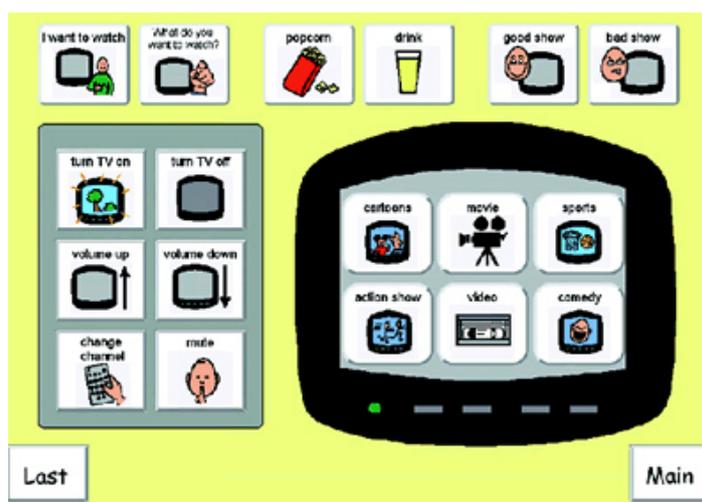


Figura 2.61: Speaking Dynamically Pro

*SYMBOL for Windows*©. Distributore: Handicom.  
 Fonte: <http://www.handicom.nl/english/index.html>.

Può essere usato in combinazione con qualunque database di simboli (PCS, Bliss, PIC, ecc.) in quanto si basa su una architettura del seguente tipo: la suite comprende parecchi programmi, alcuni dedicati all'utente e altri al terapeuta. Ogni simbolo, immagine o foto è collegato ad un concetto, inserito in una lista strutturata in categorie, così da facilitare il processo di selezione. Ad ogni cella è possibile associare una uscita audio, testo o un'azione. Particolarità del prodotto è

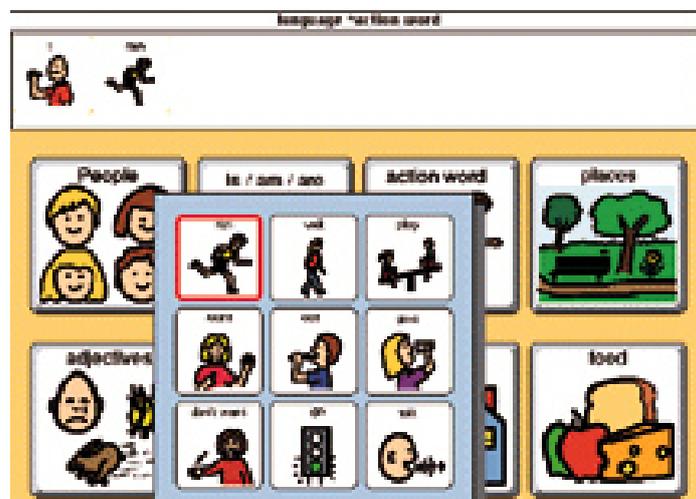


Figura 2.62: Speaking Dynamically Pro

la presenza di alcuni giochi, sempre basati sull'uso dei simboli, col fine di stimolare la comunicazione. Riferimento in figura 2.63 e figura 2.64.

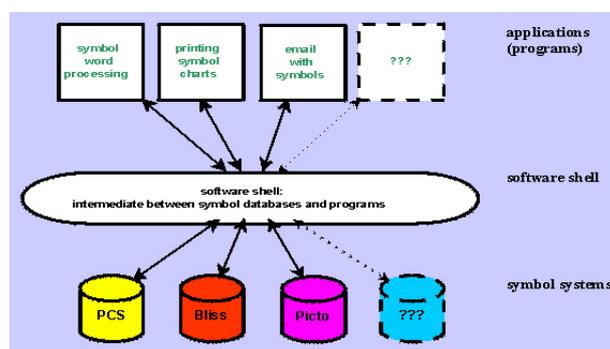


Figura 2.63: Symbol for Windows©

*SYMBOLMAIL. Distributore: Anycom.*

*Fonte: <http://www.anycom.se/products/symbolmail/>.*

È un programma di posta per utenti che utilizzano un linguaggio simbolico. Offre la possibilità di spedire email contenenti simboli Bliss, PCS o foto, usando MS Outlook© come motore di spedizione/ricezione. È stato sviluppato per lavorare in combinazione con altri sistemi informatici per disabili verbali, come ad esempio i VOCAs. Per questo motivo SymbolMail non include un proprio symbol processor, ma si

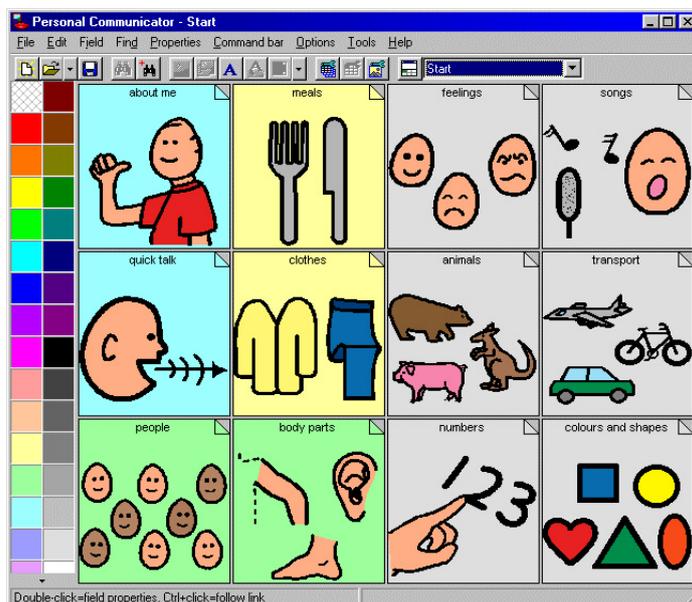


Figura 2.64: Symbol for Windows©

preoccupa di fare da interfaccia con MS Outlook©. Comprende però un sistema di sistema di sintesi vocale per cui all'arrivo di un messaggio questo viene automaticamente tradotto in linguaggio simbolico e letto. Riferimento in figura 2.65 e figura 2.66.

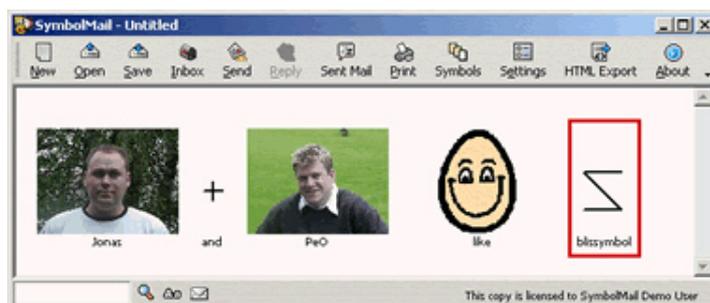


Figura 2.65: SymbolMail

*TALK:ABOUT. Distributore: Don Johnson Inc.*

*Fonte: <http://www.spectronicsinoz.com/product.asp?product=11936>.*

È un sistema di comunicazione che fornisce una serie di facilitazioni per comporre un testo. A nostro avviso presuppone però un minimo di conoscenza della scrittura, in quanto l'uso di simboli non è così massic-

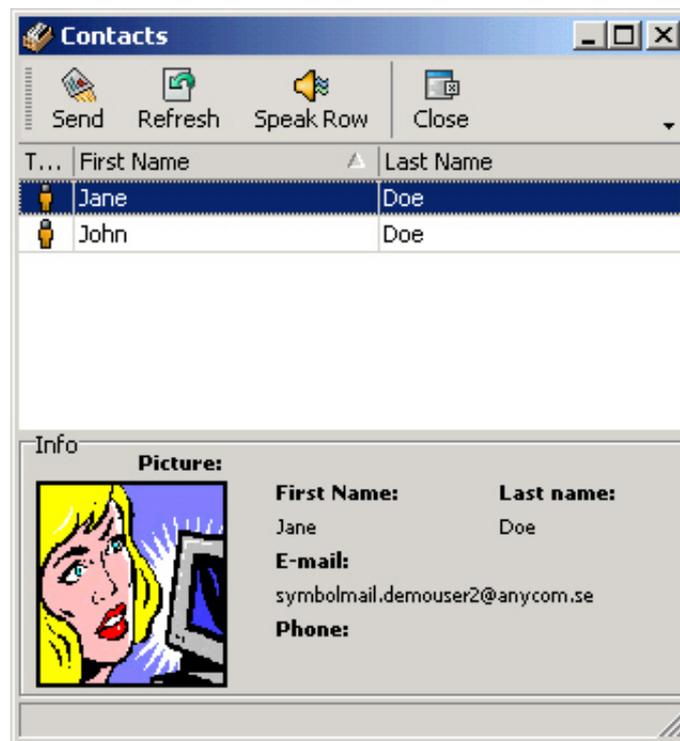


Figura 2.66: SymbolMail

cio come invece si è presentato in altri sistemi di AAC. Questo sistema è stato progettato per macchine Macintosh©. Riferimento in figura 2.67.

*TALKING SCREEN. Distributore: Words +.*

*Fonte:* <http://www.words-plus.com/website/products/soft/talkscrn.htm>.

Si possono creare tabelle di comunicazione con un numero di celle variabile; ad ogni cella, o sequenza di celle, è possibile associare messaggi in voce sintetica o digitale, clip video, suoni, funzioni di controllo ambientale. Nella metà superiore dello schermo compare la frase (simboli + testo), mentre nella metà inferiore c'è la tabella pittografica. Interessante la predizione sulla scelta dei simboli che usa una politica basata sui simboli più usati recentemente. Riferimento in figura 2.68.

*VOCAB+8. Distributore: Liberator.*

*Fonte:* <http://www.liberator.co.uk/main.htm>.

Questo sistema di AAC presuppone che l'utente abbia la capacità

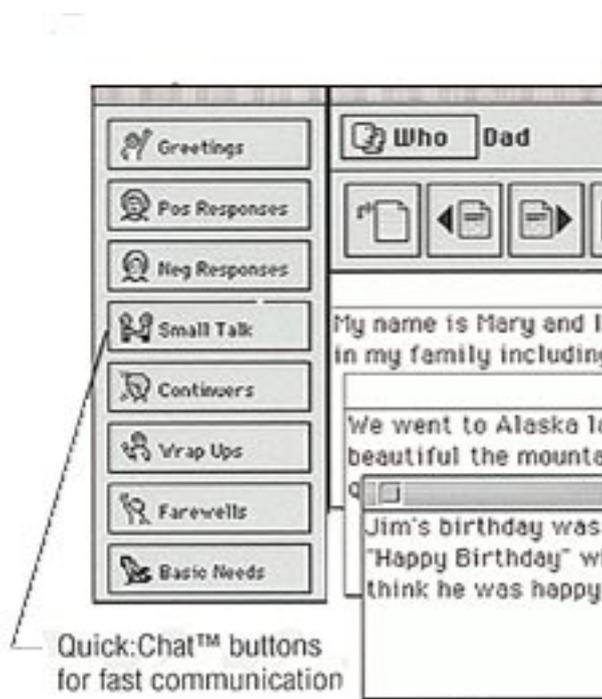


Figura 2.67: Talk About



Figura 2.68: Talking Screen

di riconoscere le parole. Tramite tastiera o un simulatore di tastiera presente a video (abbinabile con qualsiasi tipo di puntatore), l'utente

seleziona i primi caratteri della parola che intende comunicare, dopo di che sarà il sistema a completarla, in base ad un algoritmo di predizione basato sulle parole usate più di frequente. Riferimento in figura 2.69.

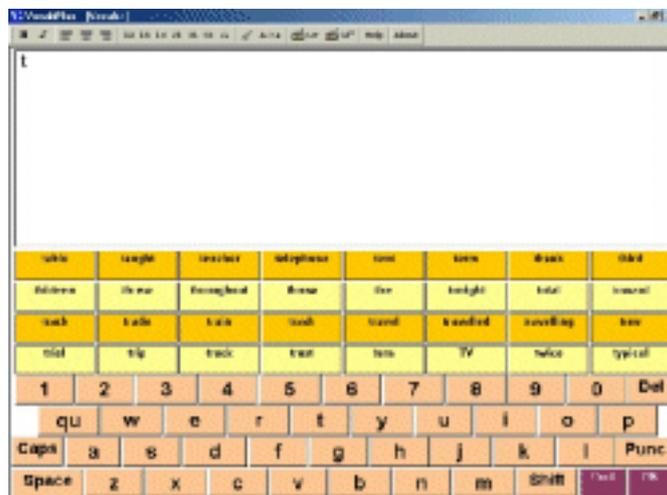


Figura 2.69: Vocab+8

*WINSPEAK. Distributore: TifloSystem.*

*Fonte:* <http://www.tifloSystem.it/comunicazione.htm>,  
<http://www.zygo-usa.com/winspeak.html>.

È stato il primo sistema informatico di AAC dedicato all'ambiente Windows®. Permette di creare pagine di simboli (foto, ecc.) personalizzate per ogni singolo utente. Include un motore di sintesi vocale, ma permette anche l'inserimento della propria voce. Fornisce l'interfaccia con tutti gli ausili di input e una vasta gamma di modalità di scansione automatica. Riferimento in figura 2.70.

*WRITING WITH SYMBOLS 2000. Distributore: Widigit Software.*

*Fonte:* <http://donjohnston.com/catalog/catalog.htm>,  
<http://www.spectronicsinoz.com/product.asp?product=205>,  
[http://www.widigit.com/html/products/s\\_wws2k.htm](http://www.widigit.com/html/products/s_wws2k.htm).

Permette di comunicare e scrivere racconti facendo uso dei simboli PCS e Rebus, ma può anche essere usato come strumento per migliorare le abilità di scrittura ed espressione. È costituito da 4 moduli, attraverso il symbol processor è possibile scrivere in linguaggio simbolico e avere la traduzione in lingua sotto ogni simbolo. Si possono poi creare delle tabelle personalizzate per poi comporre testi facendo uso anche delle scansione automatica (presente in diverse modalità). Oltre

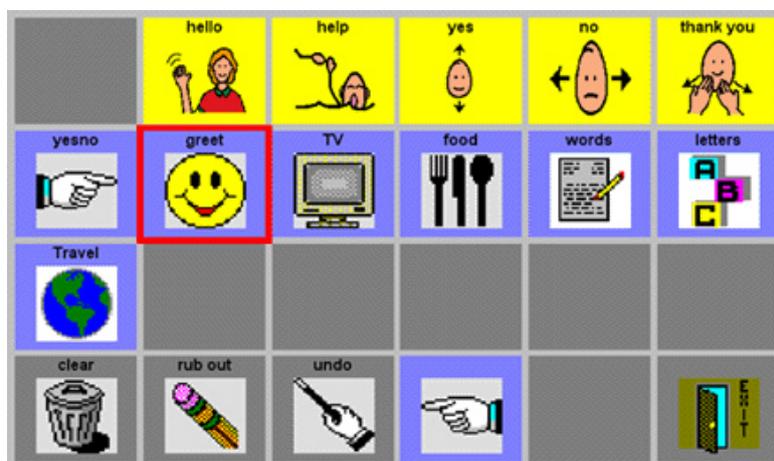


Figura 2.70: WinSpeak

ai database di simboli esistenti è possibile inserire immagini personalizzate. Caratteristiche peculiari sono la sintesi vocale come feedback sulla selezione di un simbolo, la possibilità di supportare diverse lingue, un tutorial per l'apprendimento dell'applicativo. Interessante la possibilità di salvare il testo in formato HTML, così da poterlo esportare e mostrarlo a chiunque, senza la necessità di avere Writing with Symbols. Riferimento in figura 2.71 e in figura 2.72.

### Applicativi su dispositivi portabili e mobili

*CHAT PC. Distributore:* Liberator.

*Fonte:* <http://www.liberator.co.uk>,

<http://www.spectronicsinoz.com/product.asp?product=8575>.

Questo prodotto fa del palmare un ottimo mezzo di comunicazione alternativa, portabile ovunque e adatto anche in situazioni rumorose, in quanto dotato di altoparlanti che possono essere amplificati. È possibile comunicare utilizzando la sintesi vocale presente nel palmare, oppure registrare un proprio messaggio vocale. L'interfaccia è interamente simbolica e può essere configurata a seconda delle esigenze, anche tramite PC esterno. Attraverso i simboli PCS si possono costruire pagine personalizzate e associare ad ogni cella un'uscita audio. È comunque possibile partire da altri tipi di simboli e poi convertirli in formato ChatPc. Riferimento in figura 2.73.

*ICONSPEAK. Distributore:* Bostock Software Development.

*Fonte:* <http://www.areato.org>.

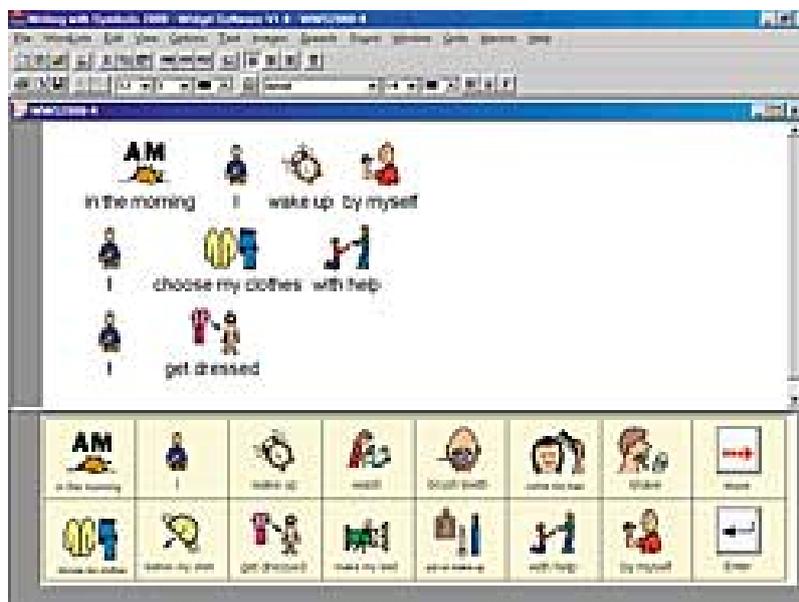


Figura 2.71: Writing With Symbols 2000



Figura 2.72: Writing With Symbols 2000

È uno strumento di AAC adatto ad essere usato sui computer tascabili (pocket Pc) basati su Windows CE®. Il modulo di sintesi vocale del programma genera la pronuncia dei messaggi composti dall'utilizzatore per mezzo dello schermo sensibile al tocco di cui sono dotati i palmari. L'utilizzo del programma può essere reso adatto alle esigenze di ogni singolo soggetto tramite una fase di configurazione dello schema



Figura 2.73: Chat PC

di comunicazione che può anche essere eseguita su un PC esterno. Ogni icona produce un suono quando viene premuta una sola volta, determinate icone possono produrre una frase o un suono alternativo in corrispondenza di una doppia pressione. La scelta di una icona può inoltre determinare l'esecuzione di una specifica azione: l'attivazione di un'altra pagina di icone, la visualizzazione di una immagine, ecc. Riferimento in figura 2.74.



Figura 2.74: IconSpeak

## Capitolo 3

# Impostazione del Progetto Bliss2003

---

*“La ricerca migliore  
è quella che ha  
come obiettivo  
l’uomo.”*

*(Marco Somalvico, SMAU 2002)*

## 3.1 Introduzione

Obiettivo di questo capitolo è offrire una visione completa e approfondita dell'impostazione del sistema Bliss2003, analizzando quanto già esisteva al fine di delineare le linee guida della nuova versione.

Nello sviluppo di un sistema informatico così complesso e articolato come il Bliss2003 risulta essere indispensabile studiare il suo stato di funzionamento, prendendo in considerazione le scelte progettuali fatte dallo sviluppatore precedente in modo da pianificare nel modo migliore la realizzazione del nuovo applicativo.

In questo capitolo (sezione 3.2) viene inizialmente presentato lo stato del Bliss2000, descrivendone brevemente le caratteristiche funzionali e strutturali, le scelte progettuali e l'architettura software adottata per lo sviluppo, i limiti e i problemi emersi durante l'uso.

Nella sezione 3.3 viene dato ampio spazio alla fase di testing e debugging che abbiamo condotto presso alcuni centri specializzati, attività fondamentale nel processo produttivo del software, al fine di realizzare una versione molto più affidabile del Bliss2000.

Nel ciclo di vita dei sistemi informatici, e a maggior ragione in quelli dedicati ai disabili, ricopre un ruolo di primaria importanza lo studio dei reali bisogni dell'utente. A tal proposito, nella sezione 3.4, partendo dalla valutazione delle esigenze emerse dalla sperimentazione con alcuni utenti disabili, si presentano le caratteristiche del Bliss2003 descrivendo brevemente le specifiche delle nuove funzionalità e i criteri adottati nella realizzazione (organizzazione del processo produttivo, stile di codifica, strumenti software impiegati, ecc.).

## 3.2 Stato di funzionamento del Bliss2000

### 3.2.1 Scelte progettuali

Il sistema Bliss2000 è un'implementazione informatica del linguaggio Bliss, si tratta di un applicativo, per certi aspetti, molto simile a quelli presentati nella sezione 2.3.2. È stato sviluppato dall'Ing. Fojadelli durante la sua tesi di laurea in Ingegneria Informatica [33] presso il Politecnico di Milano, svolta nel contesto del Progetto di Intelligenza Artificiale e Robotica, in collaborazione col Prof. Marco Somalvico e con la Dott.ssa Maria Luisa Gava.

Il sistema nasce dalla valutazione di un applicativo esistente in ambiente MS-DOS, sviluppato dall'Ing. Gambarara nel 1989 [38], nell'ambito dei progetti del Politecnico riguardanti l'informatica e la robotica per disabili. Con l'evoluzione dei sistemi operativi, in particolare con

l'avvento di Microsoft Windows95, tale progetto ha presentato forti limiti che hanno richiesto un grosso sforzo progettuale, soprattutto per quanto riguarda le unità di ingresso/uscita e l'interfaccia grafica.

### **Aspetti generali**

Il progetto Bliss2000 si propone in prima istanza come soluzione alternativa al sistema cartaceo, con la costruzione di una adeguata applicazione che implementi la tabella su un sistema elettronico di elaborazione dati, e consenta al disabile di comunicare attraverso l'uso del sistema stesso, con tutti i vantaggi derivati dall'ausilio informatico.

L'applicazione è strutturata in ambienti di utilizzo, ognuno dedicato ad uno specifico scopo, con delle proprie funzionalità che verranno descritte nella sezione 3.2.2.

Bliss2000 è stato progettato anche in vista di poter implementare la possibilità di selezionare i simboli con accessi per disabili verbali con deficit motori particolarmente gravi; in particolare è stato pensato per l'attivazione di un meccanismo di scansione attivabile anche con un tasto solo<sup>1</sup>.

### **Interfaccia utente**

L'interfaccia grafica, realizzata secondo gli standard Windows, si presenta divisa in cinque parti (fig. 3.1):

1. *Barra dei comandi principali* (nella parte superiore): uguale per ogni ambiente;
2. *Barra stile Microsoft Outlook* (nella parte sinistra): consente di passare da un ambiente all'altro. In quest'area viene sfruttato anche lo spazio libero con la possibilità per l'utente di inserire tasti che hanno l'icona in simboli Bliss per richiamare alcune funzioni;
3. *Barra dei comandi ambiente* (nella parte destra): contiene i comandi specifici dell'ambiente in cui ci si trova;
4. *Area dati* (nella parte centrale): contiene i dati specifici di ogni ambiente: la tabella dell'ambiente blu, il testo Bliss dell'ambiente nero, il simbolo in costruzione dell'ambiente verde, ecc.;
5. *Area di elaborazione temporanea* (nella parte inferiore): contiene delle informazioni temporanee a seconda dell'ambiente in cui ci si trova: il testo in ambiente blu, il simbolo da manipolare in ambiente rosso, ecc.

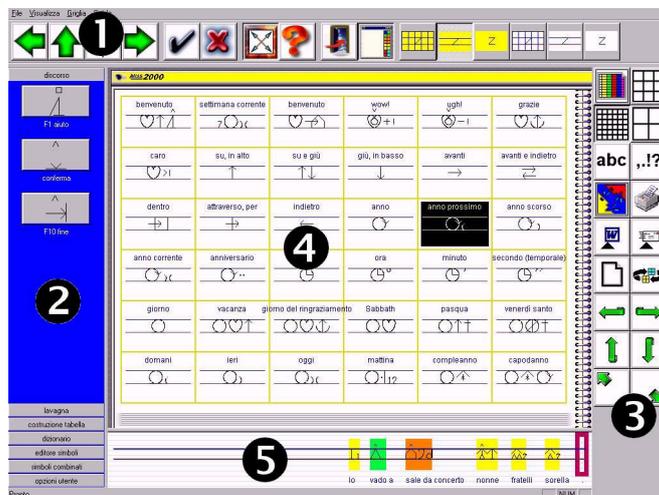


Figura 3.1: Struttura dell'interfaccia utente di Bliss2000

Le linee di demarcazione fra l'area 2 e l'area 4, nonché la divisione fra l'area 2 e l'area sottostante 5 sono mobili, e consentono anche una dimensione nulla, al fine di renderle adatte alle esigenze dell'utente che può ingrandirle o ridurle fino ad annullarle a sua discrezione.

### 3.2.2 Ambienti di lavoro

Gli ambienti di lavoro sono sette, ognuno identificato da un colore e dedicato ad uno specifico scopo; di seguito viene data una breve descrizione delle principali funzionalità offerte da ogni ambiente<sup>2</sup> [33].

#### Ambiente Discorso (Blu)

In questo ambiente è possibile dalla tabella utente o dalla tabella Archivio<sup>3</sup> selezionare una sequenza di simboli al fine di comporre una frase Bliss eventualmente tradotta da BlissInt [25] e visualizzata nell'area di elaborazione in un'unica riga. È possibile inoltre attivare l'interfaccia vocale, l'invio di testi a Microsoft Word e l'attivazione della posta elettronica.

<sup>1</sup>Per maggiori dettagli si consulti la sezione 4.2 di questa tesi.

<sup>2</sup>Per maggiori dettagli si consulti il manuale on-line.

<sup>3</sup>La tabella Archivio contiene circa 1900 simboli Bliss ufficializzati dal BCI di Toronto. Esiste poi la tabella utente, in cui vengono riportati simboli presi dall'archivio, simboli combinati o simboli creati ex-novo, in numero limitato a seconda dell'handicap dell'utente e del contesto comunicativo.



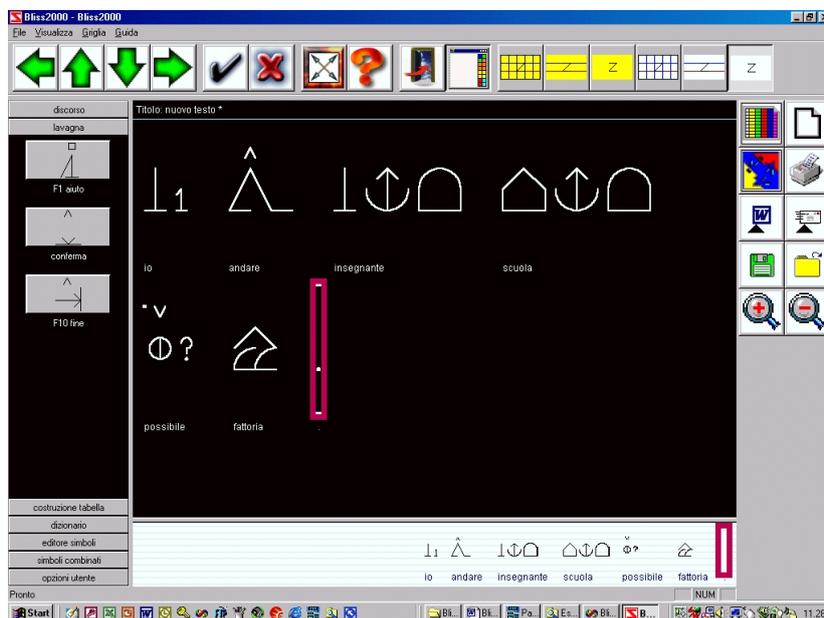


Figura 3.3: Ambiente nero di Bliss2000

che la modifica della tabella utente non comporta alcuna richiesta di salvataggio dati che viene eseguito in automatico all'uscita.

### **Ambiente Dizionario (Giallo)**

Dedicato ad una gestione efficiente delle operazioni di ricerca e scansione della tabella Archivio (in una maschera si digita il termine in italiano di cui si desidera vedere il corrispondente simbolo Bliss). Questo ambiente è pensato per semplificare l'attività di costruzione della tabella utente qualora questa venga coordinata da un assistente; questi trova nell'ambiente giallo la possibilità di ordinare i simboli per codice forma, per indice, per categoria o alfabeticamente. È anche possibile esportare i simboli in formato bitmap, attivare la sintesi vocale per la lettura del loro significato e visualizzare velocemente la posizione del simbolo nella tabella Archivio.

### **Ambiente Editore simboli (Verde)**

In questo ambiente si ha la possibilità di modificare un simbolo esistente oppure di crearne uno nuovo. Ogni componente delle forme Bliss è inseribile nell'editore attraverso delle semplici maschere, personalizzabile con elementi di caratterizzazione e oggetti OLE di altre applicazioni. È

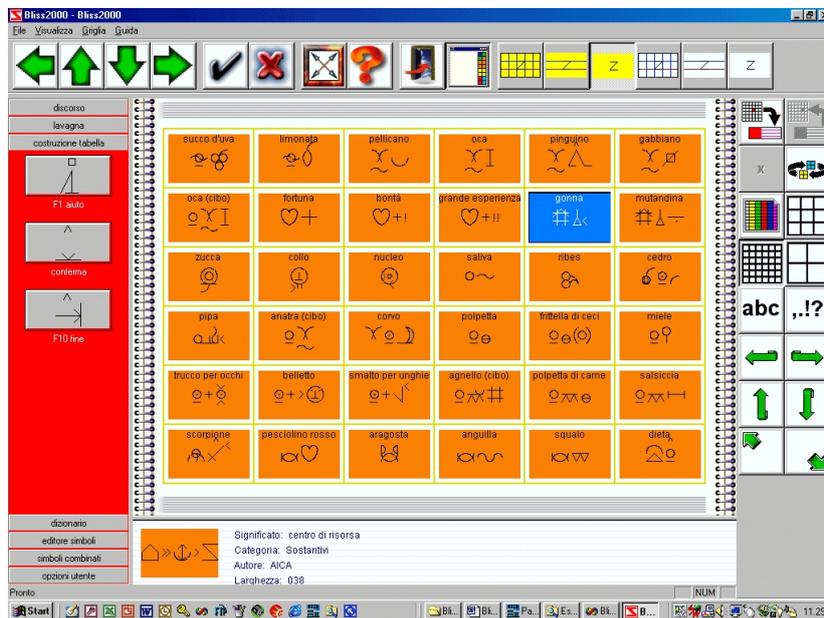


Figura 3.4: Ambiente rosso di Bliss2000

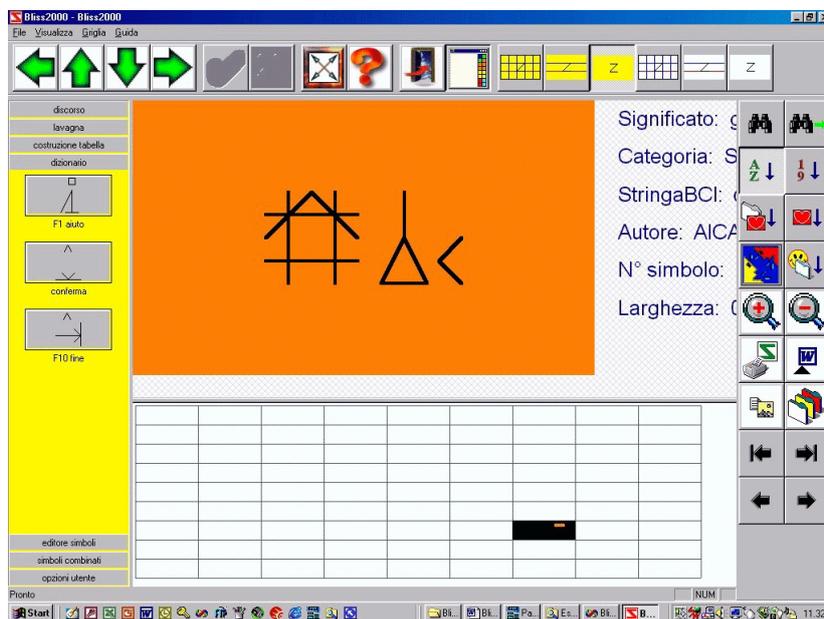


Figura 3.5: Ambiente giallo di Bliss2000

inoltre possibile salvare il simbolo elaborato in formati grafici standard di Windows (gif, jpg, bmp, wmf e emf); sono inoltre a disposizione i

comuni strumenti di disegno. Occorre precisare che, essendo l'ambiente con più funzioni, è destinato al terapeuta o a un familiare che assiste il disabile.

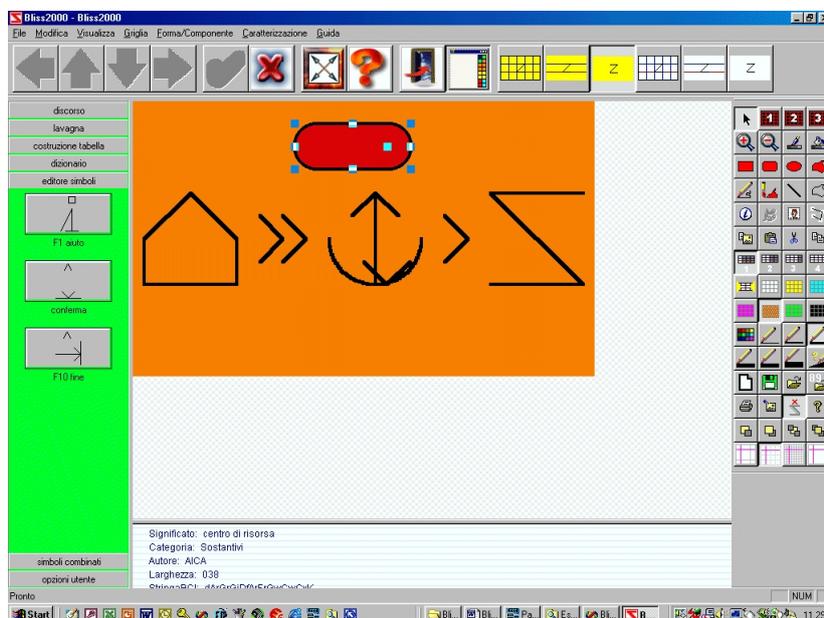


Figura 3.6: Ambiente verde di Bliss2000

### Ambiente Simboli combinati (Magenta)

Finalizzato a rendere disponibile all'utente, anche disabile, la costruzione di simboli combinati, in quanto in questo ambiente non è necessario conoscere i dettagli della sintassi e grammatica del linguaggio Bliss, poichè le regole di creazione sono implicite e l'utente può costruirli senza conoscerle, solamente indicando quali simboli compongono il nuovo simbolo combinato.

### Ambiente Opzioni (Grigio)

In questo ambiente sono resi disponibili sotto forma di tasti opzione le caratteristiche specifiche di ogni utente, dalla scelta del tipo di interfaccia di accesso, alla selezione del tipo di voce da usare nella sintesi, alla scelta dei tasti da inserire nella barra laterale di sinistra, alla scelta dei tipi e dimensioni dei caratteri, e così via.

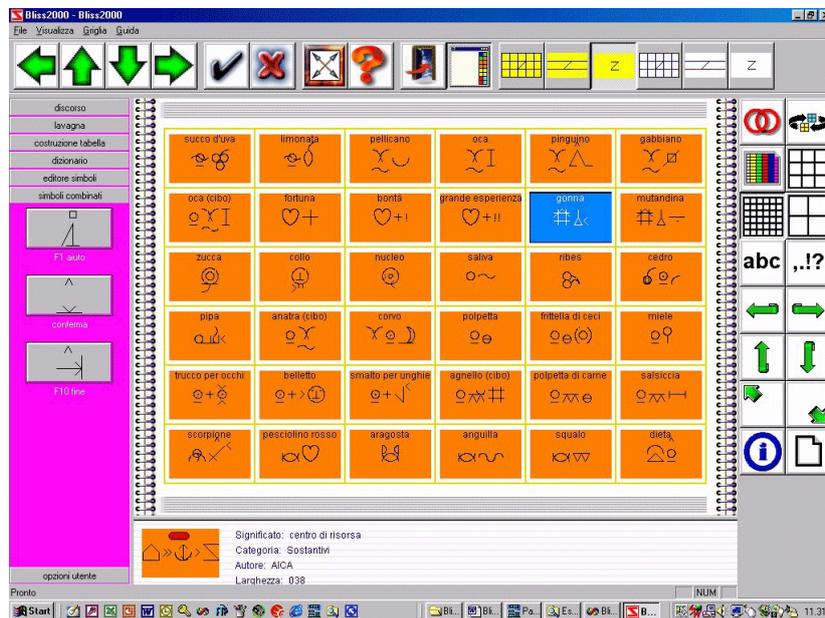


Figura 3.7: Ambiente magenta di Bliss2000

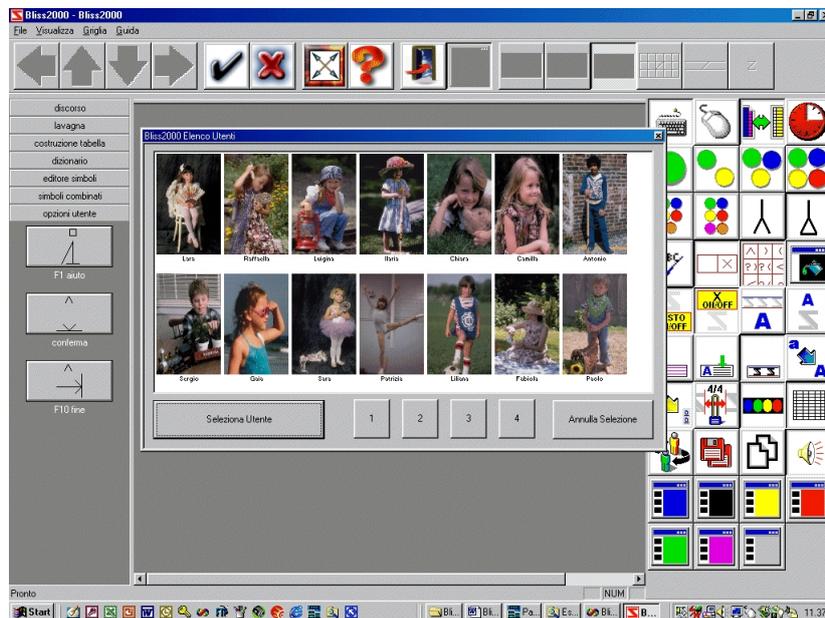


Figura 3.8: Ambiente grigio di Bliss2000

### 3.2.3 Architettura Software

L'architettura di Bliss2000 è opportunamente strutturata in classi che interagiscono fra di loro e che implementano un'interfaccia con una

serie di moduli esterni che svolgono delle funzioni specializzate.

La realizzazione dell'applicativo è stata progettata con i moderni criteri di programmazione ad oggetti [37], e quindi anche la progettazione in grande è stata soggetta a questa scelta implementativa.

Riteniamo opportuno riportare una breve panoramica dell'architettura del sistema, in quanto costituisce la nostra base di partenza sia per la fase di Testing e Debugging, sia per le scelte implementative delle nuove funzionalità che caratterizzano il sistema Bliss2003.

### **Moduli funzionali**

Il sistema Bliss2000 è stato ideato con una struttura non solo modulare in se stessa, ma tesa all'integrazione fra varie componenti esterne al sistema stesso, in particolare con BlissInt [25], con i sistemi di gestione della posta elettronica e con Microsoft Word. L'applicazione, oltre all'intelaiatura di base, presenta una serie di moduli software dedicati a specifici compiti. Per comprendere al meglio il funzionamento del sistema, presentiamo di seguito una breve descrizione.

1. *BlissInt*: modulo che si interfaccia con l'analizzatore semantico sviluppato dall'Ing.Contini [25], per tradurre in lingua italiana la frase scritta dall'utente;
2. *Sintesi vocale*: modulo per l'interfacciamento con un pacchetto commerciale di sintesi vocale, basato sulla tecnologia IBM Via-voice;
3. *Multiutenza*: modulo per la gestione del meccanismo di multiutenza, indispensabile in quanto il sistema può essere installato su un unico elaboratore, presso centri dove accedono diversi utenti;
4. *Rubrica*: modulo per gestire l'invio di una testo Bliss tramite un programma di posta elettronica, semplificando la gestione dell'indirizzario e la costruzione del messaggio;
5. *Pacchetto Office*: modulo per l'interfacciamento con il pacchetto integrato Microsoft Office, in particolare con il programma di videoscrittura Microsoft Word;
6. *Guida*: modulo che implementa il manuale d'uso in formato multimediale, consultabile in linea;
7. *Integrazione IRD*: modulo che permette l'integrazione con gli altri progetti del gruppo IRD realizzati al Politecnico di Milano (cfr.sez. 2.3.1).

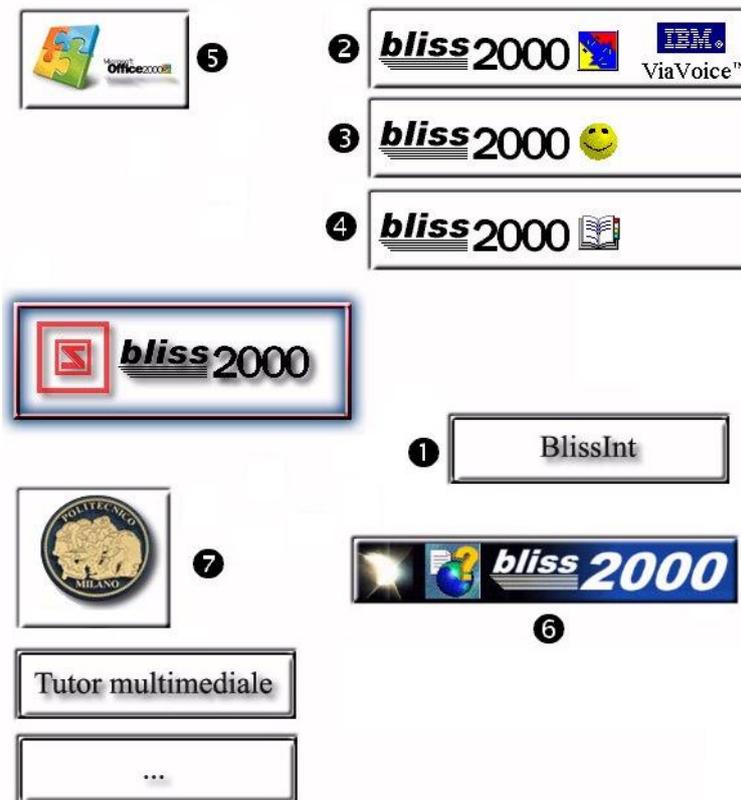


Figura 3.9: Moduli componenti Bliss2000

### Ambiente di programmazione

Fra i diversi ambienti di programmazione disponibili per l'ambiente Windows, l'Ing. Fojadelli ha deciso di sviluppare Bliss2000 utilizzando Microsoft Visual C++ 6.0 [72].

Sono state scartate le possibilità di lavorare sia con Visual Basic, ritenuto inefficiente in quanto rimane un linguaggio interpretato, sia con Delphi, basato sul linguaggio Pascal e impiegato nello sviluppo di AP-Bliss89.

### MFC (Microsoft Foundation Class)

In particolare l'intera architettura software si basa sull'uso della libreria MFC (Microsoft Foundation Class) [81], contenente una serie di classi base a 32 bit con strumenti di sviluppo orientati agli oggetti per applicazioni Windows a 32 bit. La libreria incapsula al suo interno tutte

le normali funzioni Windows, fornendo il supporto per barre di controllo, finestre, fogli di proprietà, controlli OLE e così via. Partendo da tali classi, piccole e veloci, sono state progettate le classi specifiche per l'applicativo in questione, ottenendo la struttura<sup>5</sup> riportata in figura 3.10.

### 3.3 Fase di Testing e Debugging del Bliss2000

#### 3.3.1 Obiettivi e requisiti dell'attività di verifica

Come ogni altro processo produttivo la costruzione del software deve porsi obiettivi di qualità, perseguibili solo attraverso una attenta fase di verifica del prodotto. La verifica del software viene troppo spesso eseguita in maniera poco sistematica: non è raro [23] infatti che venga lasciata completamente all'intuito e alla buona volontà del progettista, con conseguente perdita di affidabilità e di inefficienza nel successivo lavoro di correzione e perfezionamento.

#### Importanza della fase di verifica

Come è noto, la manutenzione<sup>6</sup> è una delle fasi fondamentali, ma spesso più trascurate, del ciclo di vita del software. Nel nostro caso abbiamo svolto un'attività di manutenzione correttiva, che consiste nell'intervenire sull'applicazione per eliminare errori che sono sfuggiti al controllo di qualità che ha preceduto il rilascio del Bliss2000. In realtà non c'è mai stata una vera fase di testing del sistema Bliss2000, o comunque non si è trovata documentazione a riguardo. Come conseguenza di ciò l'applicativo presentava una scarsa affidabilità e robustezza, tali da comprometterne l'utilizzo<sup>7</sup>. Pertanto è sorta la necessità di affrontare una manutenzione strutturata e pianificata, con una attenta e metodica fase di Testing e Debugging, al fine di migliorare l'affidabilità dell'applicativo [1].

La filosofia da noi adottata<sup>8</sup> fa sì che la verifica non coinvolga solo il prodotto finale ma segua passo per passo il progetto e lo sviluppo del prodotto.

---

<sup>5</sup>Per un livello di dettaglio più approfondito si consulti la tesi dell'Ing.Fojadelli [33].

<sup>6</sup>Con il termine manutenzione si indicano tutte le attività che seguono il rilascio di un'applicazione.

<sup>7</sup>A questo proposito si confrontino i valori del tempo medio di guasto all'inizio e alla fine della fase di verifica riportati nella sezione 3.3.3

<sup>8</sup>Per maggiori dettagli si consulti la sezione 3.4.3 dedicata ai criteri adottati per la realizzazione software di Bliss2003.

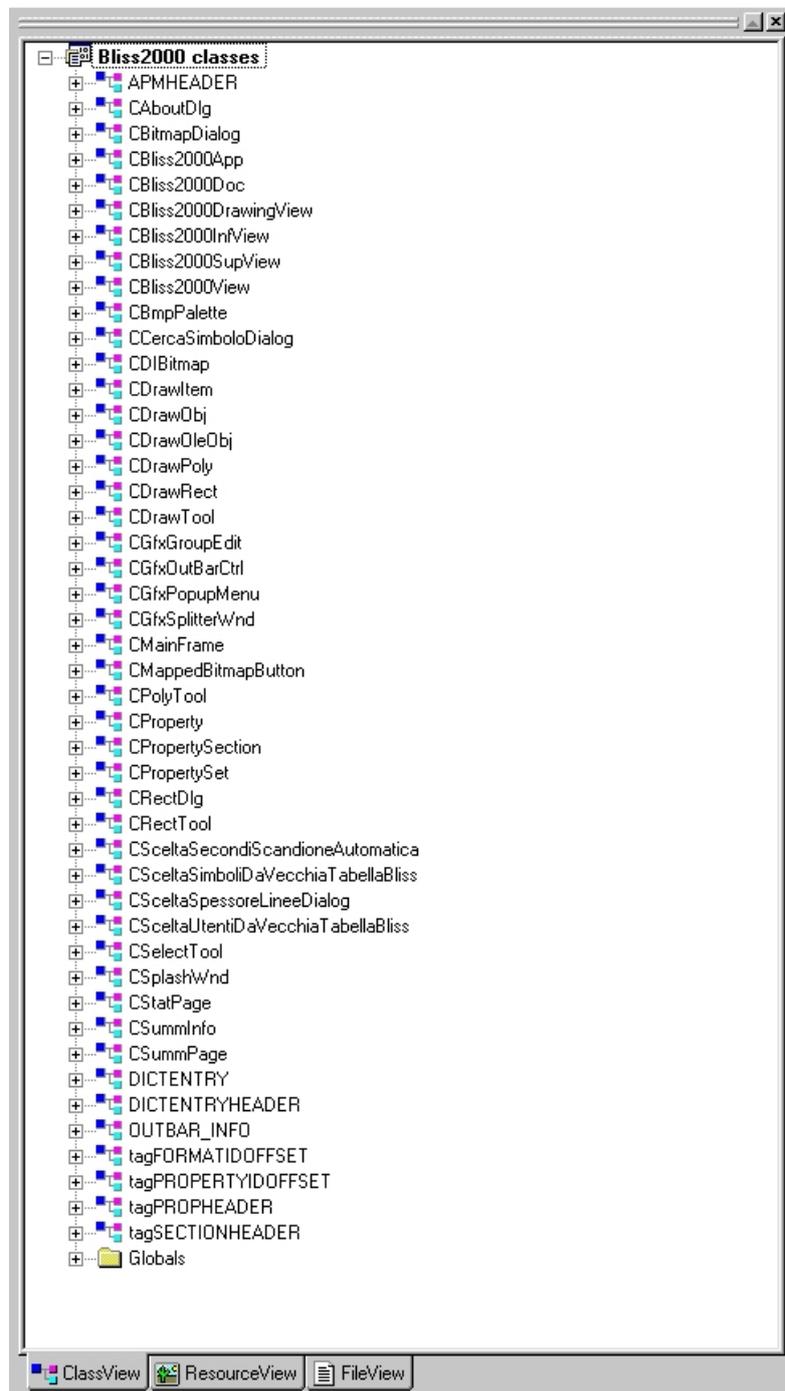


Figura 3.10: Sintesi delle classi componenti Bliss2000

In questa tesi, per quanto riguarda la terminologia nel campo della verifica del software, si useranno i vocaboli standard proposti dall'IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) [49]:

**malfunzionamento (failure)** : rappresenta un funzionamento non corretto del programma;

**anomalia (fault)** : è la causa della presenza di un malfunzionamento. Un programma può contenere una o più anomalie senza per questo presentare malfunzionamenti;

**errore (error)** : è la causa di un'anomalia.

Come vedremo nel seguito, una buona attività di verifica prevede:

- una fase di testing: per rilevare la presenza dei malfunzionamenti;
- una fase di debugging: per rimuovere le anomalie che causano i malfunzionamenti precedentemente rilevati.

Spesso viene fatta confusione tra queste due fasi, usando il termine debugging per indicare non solo la localizzazione e rimozione delle anomalie, una volta identificati i malfunzionamenti, ma anche impropriamente l'attività di rilevazione dei malfunzionamenti stessi. Il rischio è quello di concentrarsi sulla rimozione delle anomalie alla base del malfunzionamento rilevato trascurando il test sistematico del programma.

### **Attività di Testing**

La fase di testing è un'attività sperimentale in grado di dimostrare solo la presenza e non l'assenza di errori nel software. Questo è legato al fatto che il software, a differenza degli altri prodotti dell'ingegneria tradizionale, è un prodotto non continuo. Infatti se carico un ponte con 1000 tonnellate, sicuramente può sostenere un peso di 999 tonnellate, mentre se un programma produce un risultato corretto in corrispondenza del valore di ingresso 1000, potrebbe produrre effetti disastrosi se il dato è 999.

L'approccio da noi seguito fa riferimento ad entrambe le tipologie di testing esistenti:

**testing in the SMALL** : in cui vengono testati i singoli moduli;

**testing in the LARGE** : in cui vengono testati le aggregazioni di componenti.

In particolare, per quanto riguarda la prima tipologia di testing, abbiamo seguito la tecnica nota come *black box* che prevede il test dei moduli guardando la specifica funzionale. Questa scelta è legata al fatto che avendo un grosso numero di moduli da verificare, seguire una tecnica strutturale (*white box*) comporterebbe un notevole dispendio di tempo ed energie dal momento che tale tecnica non è scalabile.

### **Attività di Debugging**

Una volta accertata la presenza di malfunzionamenti, occorre però localizzarli e correggerli, attività che va sotto il nome di debugging.

La fase di debugging deve il suo nome al termine bug<sup>9</sup> (baco), di uso comune, ma non definito nello standard IEEE [49], dove è sostituito dal termine anomalia.

Con il termine debugging si indicano quindi gli aspetti dell'attività di verifica che consistono nel localizzare e rimuovere le anomalie alla base dei malfunzionamenti rilevati con la precedente fase di testing.

Questa si è dimostrata essere una fase molto difficile e impegnativa a causa delle difficoltà di stabilire una relazione tra anomalie e malfunzionamenti. Infatti, in primo luogo non esiste una corrispondenza biunivoca; in secondo luogo le anomalie non sono necessariamente localizzate nei pressi del comando la cui esecuzione manifesta il malfunzionamento.

Il debugging può essere affrontato sostanzialmente in due modi diversi:

**analisi statica** : si tenta di rilevare le anomalie contenute nel programma osservando direttamente il codice sorgente senza eseguirlo;

**analisi dinamica** : si esegue il programma per particolari dati di ingresso, rilevando i malfunzionamenti, per poi risalire da questi alle anomalie presenti nel programma.

Noi abbiamo adottato tecniche di analisi dinamica, in quanto permettono di rilevare la presenza di un numero molto maggiore di malfunzionamenti [37].

In particolare è stata impiegata la tecnica del debugging simbolico che mette a disposizione strumenti di analisi detti monitor software (o watch monitor) che consentono di visualizzare il comportamento del

---

<sup>9</sup>In inglese bug significa insetto. L'errore viene comunemente detto bug, in quanto il primo errore fu generato dalla presenza di un insetto carbonizzato su una valvola di un vecchio computer.

software in maniera selettiva. In pratica dopo aver selezionato particolari variabili e punti dell'esecuzione, i monitor software forniscono la storia dei valori assunti dalle variabili nei punti dell'esecuzione indicati nell'ordine in cui sono attraversati dall'esecuzione considerata.

### 3.3.2 Reingegnerizzazione

Prima di metter mano a un qualsiasi codice scritto da altri, sorge il problema di come recuperare l'applicazione esistente, noto come reingegnerizzazione del software (reverse engineering), per riportare il software in uno stato dal quale sia possibile ripartire in modo sistematico nella manutenzione correttiva.

Nel nostro caso abbiamo deciso di fornire un quadro completo dello stato del Bliss2000 utilizzando alcuni diagrammi UML (Unified Modeling Language), un linguaggio visuale molto usato per definire, progettare e documentare i sistemi software ad oggetti [18].

#### Use Case Diagrams

Gli Use Case Diagram definiscono il comportamento del sistema nelle sue principali funzionalità, mettendo in risalto i ruoli degli attori<sup>10</sup> e le relazioni presenti nel sistema.

Gli attori che possono interagire con il Bliss2000 sono: il disabile, il terapeuta ed il normodotato.

Lo Use Case Diagram riportato in figura 3.11 dà una visione di alto livello del sistema informatico Bliss2000, mettendo in risalto i moduli che lo compongono.

Come descritto nella sezione 3.2.2, il sistema Bliss2000 è stato diviso in ambienti di utilizzo; in figura 3.12 si espone il modulo principale, Bliss2000Application, descrivendo gli ambienti presenti in Bliss2000 e gli utilizzatori principali.

Nella figura 3.13 è stato riportato lo Use Case Diagram del Bliss2000 rispetto all'attore "persona disabile", nel quale vengono messe in evidenza più dettagliatamente le principali funzionalità a cui l'utente disabile può accedere.

Nella figura 3.14 è stato riportato lo Use Case Diagram del Bliss2000 rispetto all'attore "terapeuta/normodotato" (famigliare, amico, ecc.), che ha ovviamente accesso ad una gamma maggiore di funzionalità.

---

<sup>10</sup>L'attore è qualcuno (utente) o qualcosa (sistema esterno) che scambia informazioni con il sistema, fornendo input o ricevendo output.

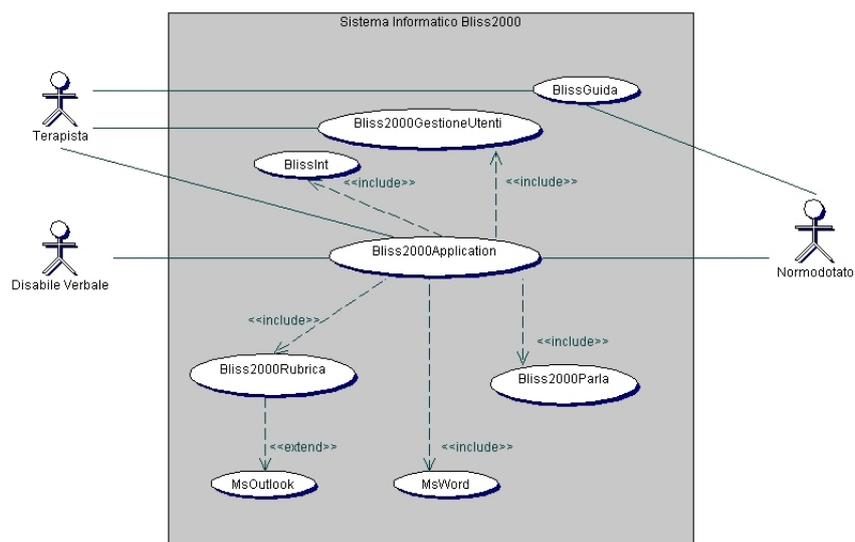


Figura 3.11: Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo ai singoli componenti e ai rispettivi utilizzatori

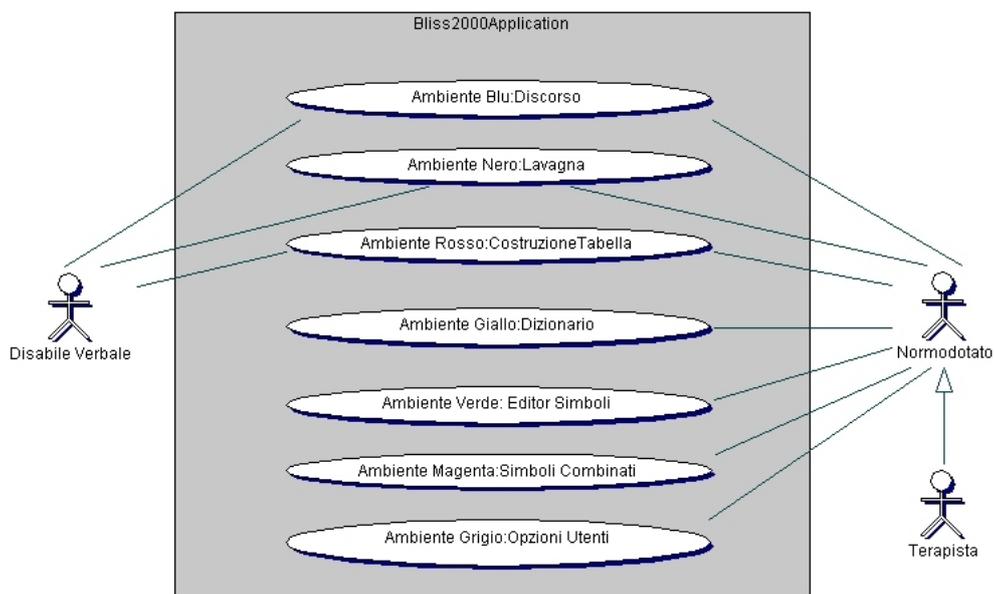


Figura 3.12: Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alla strutturazione degli ambienti e degli utilizzatori

### Class Diagrams

I Class Diagram definiscono la visione statica del sistema, descrivendo le classi principali e le relazioni tra di esse. È probabilmente il modello

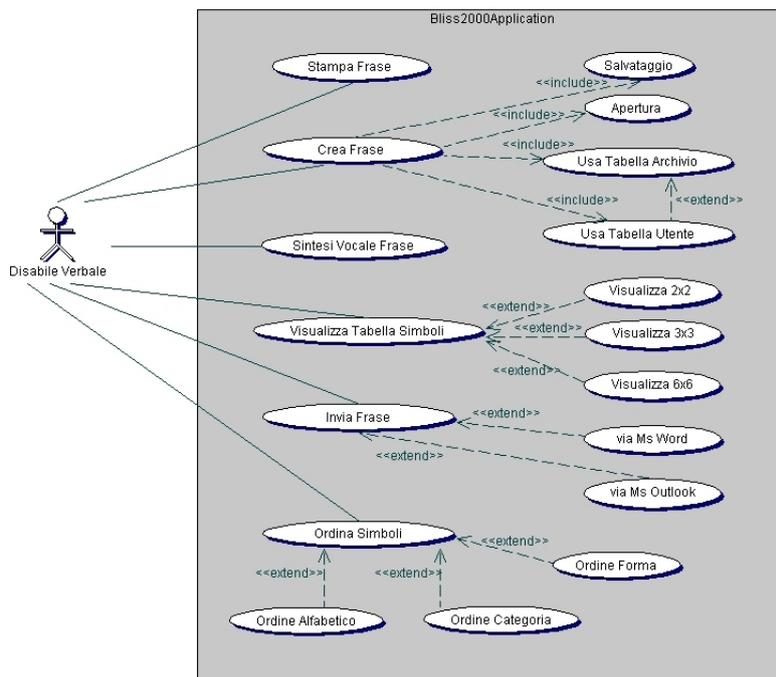


Figura 3.13: Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alle funzionalità offerte al disabile

più importante in questa fase di verifica, in quanto definisce gli elementi base del sistema.

Riportiamo due Class Diagram con due diversi livelli di dettaglio, in quanto un sistema complesso come il Bliss2000 necessita di una modellazione gerarchica. Infatti data la complessità architettonica del codice (cfr.sez. 3.2.3), abbiamo preferito non generare un unico Class Diagram completo di tutte le classi (che sono una cinquantina), ma abbiamo deciso di riportare solo quelle più significative e di alto livello, così da fornire una visione dell'intelaiatura di base del sistema Bliss2000.

In figura 3.15 si offre una visione di alto livello facendo uso di packages, ossia attraverso il raggruppamento delle classi che si occupano di gestire problemi simili.

Il Class Diagram riportato in figura 3.16 descrive le classi principali e le associazioni tra di esse. Sono stati omessi attributi e metodi, in quanto il diagramma sarebbe diventato molto più complesso, precludendo la visione d'insieme.

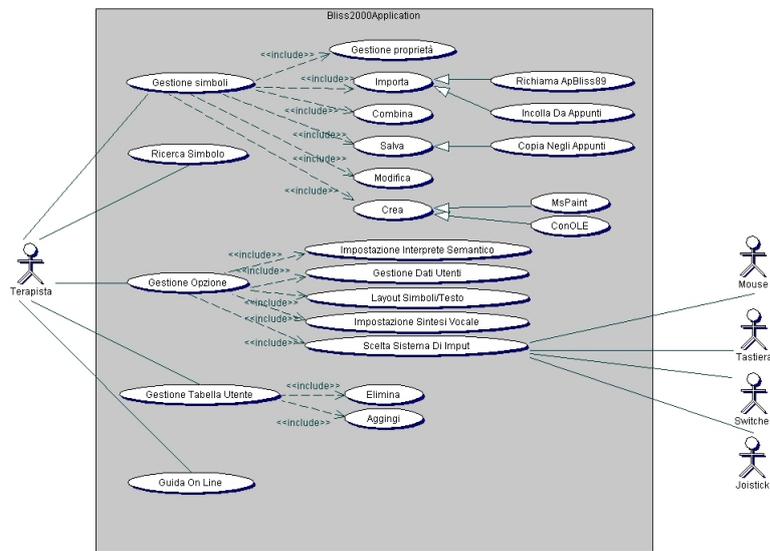


Figura 3.14: Use Case Diagram del Bliss2000, nello scenario relativo alle funzionalità offerte al terapeuta

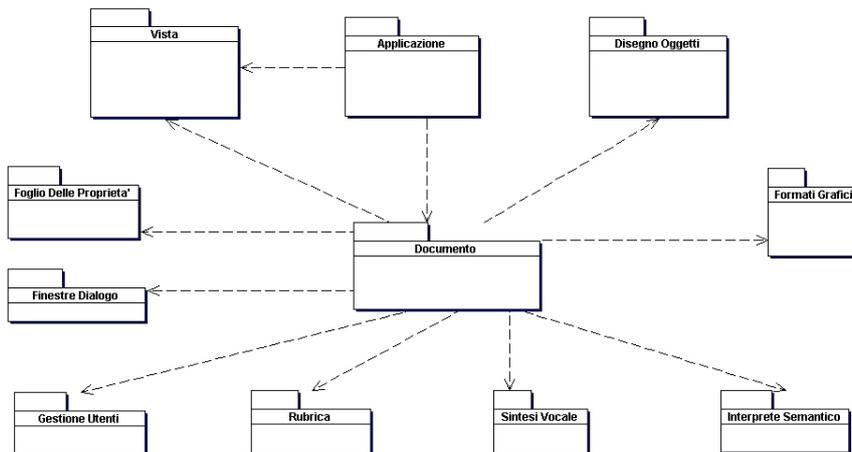


Figura 3.15: Class Diagram di alto livello del Bliss2000

### Sequence Diagrams

I Sequence Diagram evidenziano la sequenza temporale delle azioni in particolari scenari applicativi. In questo caso ci siamo un po' discostati dallo standard UML che prevede nei sequence diagram l'uso di classi/oggetti definiti nel class diagram, con i metodi ad essi corrispondenti. Sempre per evitare di dare una descrizione di basso livello

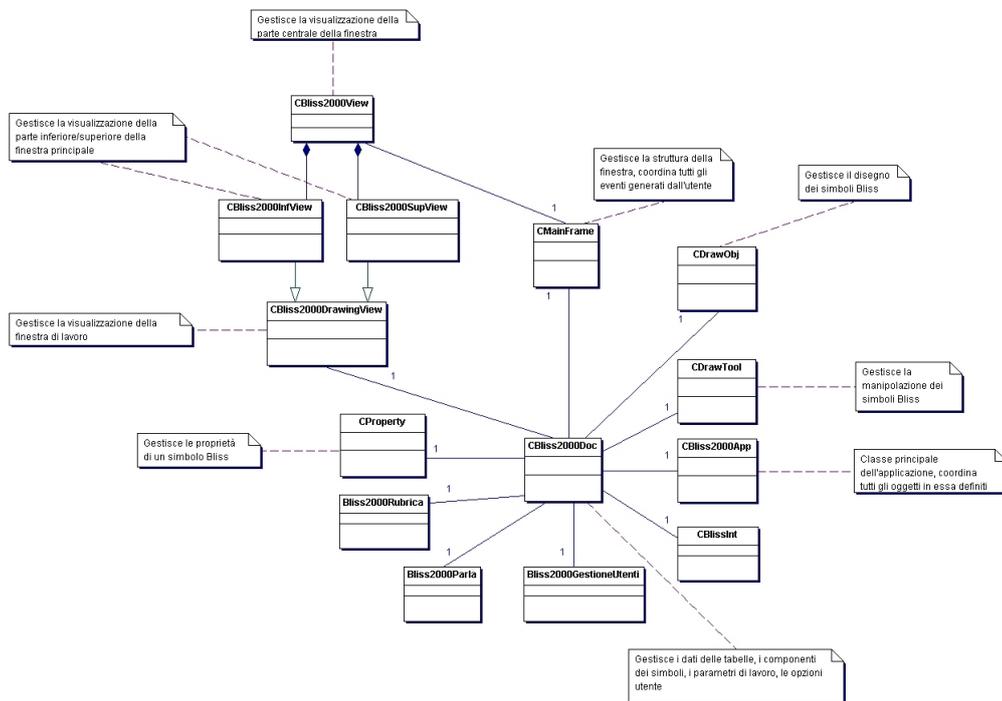


Figura 3.16: Class Diagram di basso livello del Bliss2000

che avrebbe complicato inutilmente la modellazione, abbiamo realizzato dei sequence diagram ricorrendo a classi/oggetti “astratti”. Tra i tanti possibili scenari ne abbiamo descritti 5, riguardanti le principali funzionalità.

In figura 3.17 è illustrata la sequenza di operazioni necessaria per la creazione di una frase (“Ciao mondo”) e lettura tramite sintesi vocale.

Il Sequence Diagram in figura 3.18 descrive l’apertura di una frase memorizzata e invio del testo tramite MsOutlook.

Nella figura 3.19 si modella l’operazione di creazione di un nuovo simbolo (“Orecchino”).

Nel prossimo Sequence Diagram (fig. 3.20) si evidenzia la sequenza di azioni necessarie per la ricerca di un simbolo (“Felice”) e l’inserimento nella tabella personale dell’utente.

Come precedentemente descritto nello stato di funzionamento del Bliss2000, il sistema permette la gestione della multiutenza attivando un modulo esterno dedicato. Il Sequence Diagram in figura 3.21 descrive lo scenario del cambio dell’utente attivo.

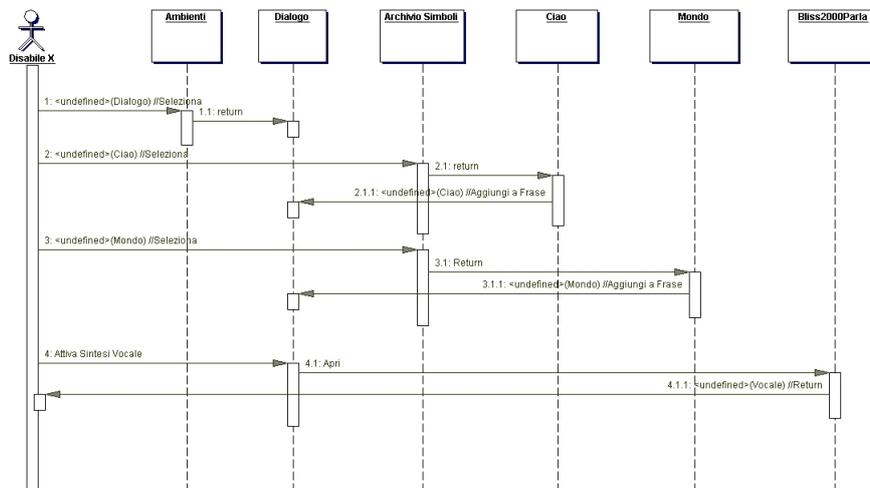


Figura 3.17: Sequence Diagram relativa alla creazione di una frase e lettura vocale

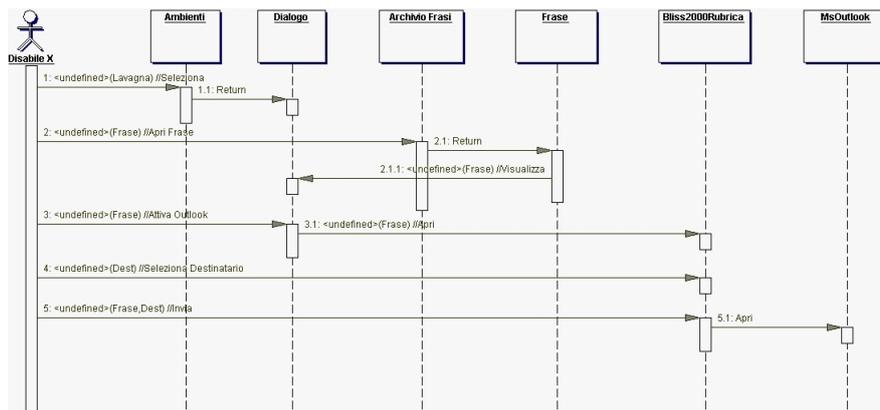


Figura 3.18: Sequence Diagram relativo all'apertura di una frase e invio come email

### 3.3.3 Modalità operative

Come emerge dalla sezione precedente, il Bliss2000 si presenta come un applicativo di notevoli dimensioni e funzionalità, ma soprattutto con una architettura abbastanza complessa. Le fasi di testing e debugging hanno pertanto richiesto una pianificazione del lavoro molto rigorosa e accurata, al fine di ottimizzare i tempi e gli sforzi di lavoro. Sempre per questo motivo si è resa indispensabile la necessità di avviare una collaborazione con dei centri esterni che testassero il sistema nel suo

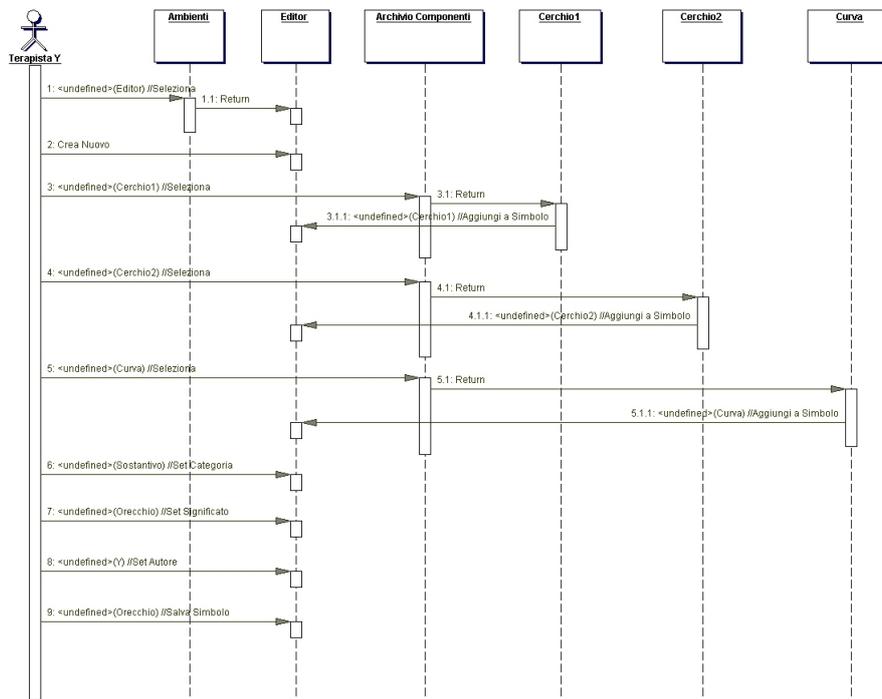


Figura 3.19: Sequence Diagram relativo alla creazione del simbolo “orecchino”

reale dominio applicativo.

### Modello a spirale

Per l’organizzazione del processo di verifica da noi seguito, ci siamo rifatti al noto modello a spirale (fig. 3.22) usato più in generale per la produzione del software.

Nel modello a spirale vengono iterate diverse volte le varie fasi del ciclo di vita, a esclusione della manutenzione. La mancanza di tale fase sembrerebbe rendere il modello a spirale inadeguato per la nostra attività, in realtà l’assenza della manutenzione è spiegata dal fatto che essa non è altro che il continuo ripetersi di nuove e più approfondite analisi, basate sull’esperienza acquisita negli sviluppi precedenti, seguite da nuove e più affidabili realizzazioni. La spirale indica infatti l’evoluzione nel tempo dell’attività sottolineando il fatto che a priori non è previsto alcun punto finale e che ogni evoluzione deve essere il frutto dell’esperienza acquisita nelle realizzazioni precedenti.

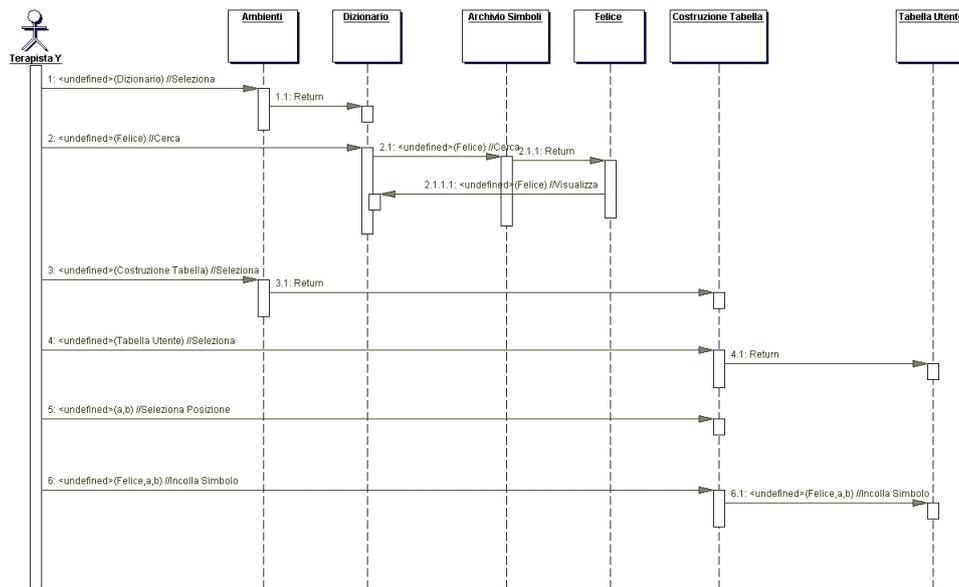


Figura 3.20: Sequence Diagram per ricercare un simbolo e inserirlo in tabella

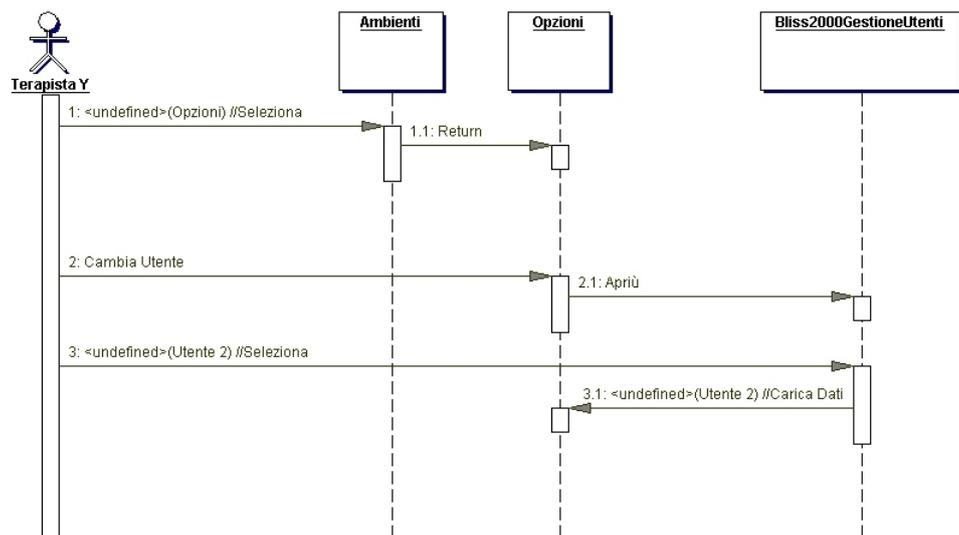


Figura 3.21: Sequence Diagram relativo al cambio utente attivo

### Centri di testing

L'attività di verifica porta all'individuazione di alcuni malfunzionamenti o a un certo livello di confidenza della loro assenza. Infatti, come descritto precedentemente, la fase di testing segnala l'eventuale presenza

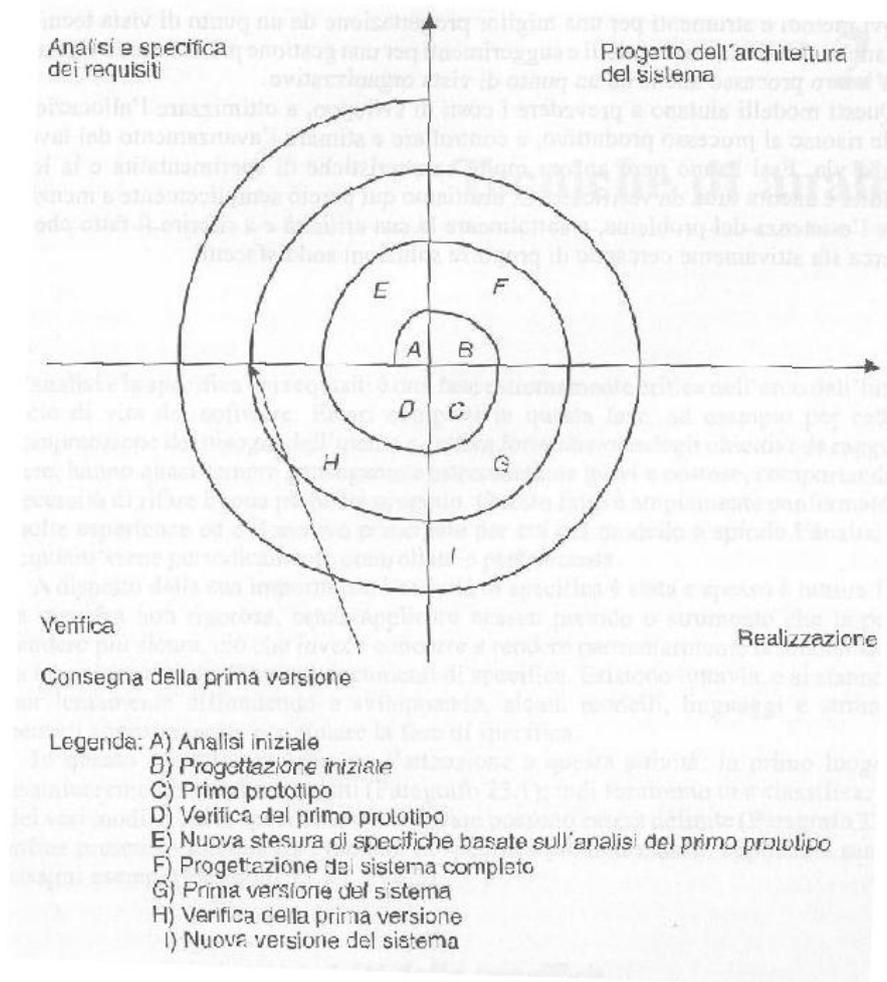


Figura 3.22: Il modello a spirale del ciclo di vita del software

di un errore mediante un malfunzionamento. Esso è sintomo sicuro della presenza di un errore, ma la presenza di un errore non è causa necessaria di un malfunzionamento. Per questo è necessaria una intensa fase di testing e a tal proposito ci siamo avvalsi della collaborazione del PoloH, un centro informatico tecnologico per l'handicap e del Servizio Territoriale di Neuropsichiatria dell'infanzia e dell'adolescenza dell'Azienda Ospedaliera di Crema<sup>11</sup>, che si sono prestati a testare il sistema oltre che a fornire una valutazione sul Bliss2000 e le sue possibili nuove funzionalità.

Per la precisione il sistema è stato distribuito anche presso altri

<sup>11</sup>Per maggiori dettagli si consulti la sezione 6.2.1 della presente tesi.

centri specializzati (una decina) in tutta Italia che ricevevano via newsgroup le versioni aggiornate che abbiamo rilasciato periodicamente. In realtà, probabilmente per problemi logistici, la collaborazione più proficua è venuta dai centri che abbiamo avuto modo di seguire direttamente a Crema.

Usando il sistema gli utenti ci segnalavano dettagliatamente i malfunzionamenti riscontrati, che venivano così catalogati con la data di rilevamento, l'operatore, l'ambiente e i passaggi che avevano sollevato il comportamento indesiderato del sistema.

In totale si può affermare che siano state condotte circa 150 ore di testing solamente dai centri del cremasco e da una ragazza utente Bliss<sup>12</sup>, rilevando una ventina di malfunzionamenti più o meno gravi, che hanno richiesto interventi di manutenzione di alto e basso livello. Alla fine di questa fase, durata circa 5 mesi, sono state prodotte ben 23 versioni beta<sup>13</sup>, a testimonianza del fatto di quanto sia importante l'attività di verifica. Nel paragrafo successivo è possibile notare anche dal punto di vista quantitativo come sia notevolmente migliorata l'affidabilità del sistema.

### Studio dell'affidabilità

Lo studio dell'affidabilità del software consiste nella determinazione nel tempo dei malfunzionamenti presenti in un programma, tramite esecuzioni ripetute dello stesso, definendo e stimando alcuni indicatori utili a fornirne una quantificazione. Attraverso l'uso di tecniche probabilistiche è infatti possibile fornire una valutazione quantitativa e precisa di questo importante fattore di qualità del software.

“L'affidabilità di un sistema è la probabilità che tale sistema si comporti correttamente in un determinato ambiente operativo e in un determinato intervallo temporale” [37].

Uno degli indicatori fondamentali del comportamento di un sistema in termini di affidabilità è il tempo medio di guasto (mean time to failure).

Sia  $F(t)$  la distribuzione di probabilità della variabile casuale  $T$  che rappresenta il tempo di guasto e  $f(t)$  la corrispondente densità di probabilità:

$$F(t) = P(T \leq t)$$
$$f(t) = F'(t)$$

---

<sup>12</sup>Per maggiori dettagli si consulti la sezione 6.2.2 della presente tesi.

<sup>13</sup>Con beta test si intende un rilascio controllato del prodotto a pochi selezionati utenti, fatto al fine di ottenere una indicazione su pregi e, in particolare, debolezze o errori presenti, prima dell'effettiva commercializzazione.

Si ottiene che l'affidabilità  $R(t)$  è data da

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t)$$

Un parametro di immediato significato fisico che viene utilizzato per costruire i modelli di affidabilità è il tasso di rischio (hazard rate)  $z(t)$ : rappresenta il tasso istantaneo di guasto al tempo  $t$ , noto che il sistema si è comportato correttamente fino all'istante  $t$ . Si può dimostrare che

$$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.1)$$

A questo punto il tempo medio di guasto è il valore atteso del tempo occorrente perchè si verifichi un guasto:

$$\theta = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (3.2)$$

Grazie alla preziosa collaborazione del centro di Testing del PoloH, abbiamo condotto una serie di test al fine di valutare quantitativamente il miglioramento dell'affidabilità del Bliss2000 nell'ultima versione Beta prodotta dall'attività di debugging, rispetto alla versione originale. In particolare sono state fatte delle prove su 5 versioni beta intermedie e per ognuna è stata calcolata, con strumenti statistici, la distribuzione di probabilità  $F(t)$  del tempo di guasto  $T$  (fig. 3.23), la corrispondente funzione di densità di probabilità  $f(t)$  (fig. 3.24) e l'andamento del tasso di rischio (fig. 3.25).

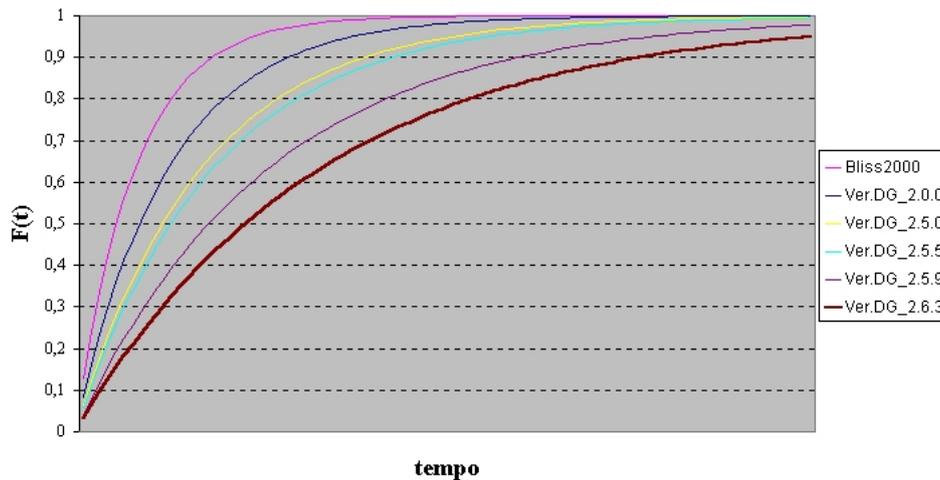


Figura 3.23: Distribuzione di probabilità del tempo di guasto

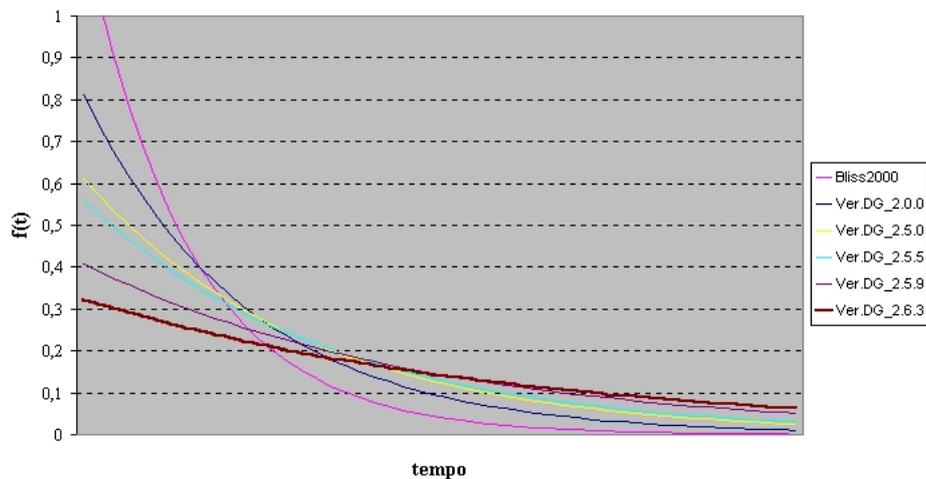


Figura 3.24: Densità di probabilità del tempo di guasto

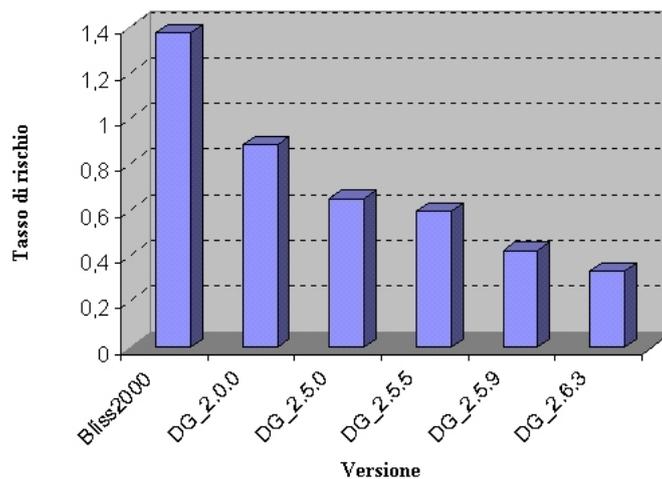


Figura 3.25: Andamento del tasso di rischio

Come si può notare dai grafici il tempo medio di guasto è notevolmente aumentato col progredire delle versioni Beta, a testimonianza di una migliore affidabilità del sistema.

Il modello di Musa [48] propone una diversa visione del tasso di rischio, evidenziandone l'evoluzione tramite il numero di difetti rimossi. Si suppone, infatti, che il tasso di rischio sia direttamente proporzionale al numero di difetti rimanenti nel programma che sono direttamente proporzionali ai guasti che li rendono visibili. La distribuzione di pro-

babilità del tempo di guasto varia alla rimozione di ogni difetto, per cui il tasso di rischio dopo il manifestarsi di  $i - 1$  guasti è dato da:

$$z_i = \frac{C}{T_0} \left( \frac{M_0 - i}{M_0} \right) \quad (3.3)$$

dove  $M_0$  è il numero di guasti che si verificano nel programma a partire dall'inizio,  $T_0$  è il tempo medio di guasto riscontrabile all'inizio, mentre  $C$  è il fattore di compressione del test.

Dal momento che il tasso di rischio è indipendente dal tempo, il tempo medio di guasto  $\theta_i$  ne è l'inverso:

$$\theta_i = \frac{T_0}{C} \left( \frac{M_0}{M_0 - i} \right) \quad (3.4)$$

Anche in questo caso i valori sperimentali ottenuti e illustrati nelle figure 3.26 e 3.27 mostrano come il tempo medio di guasto riscontrabile alla fine della fase di verifica sia notevolmente aumentato rispetto all'inizio.

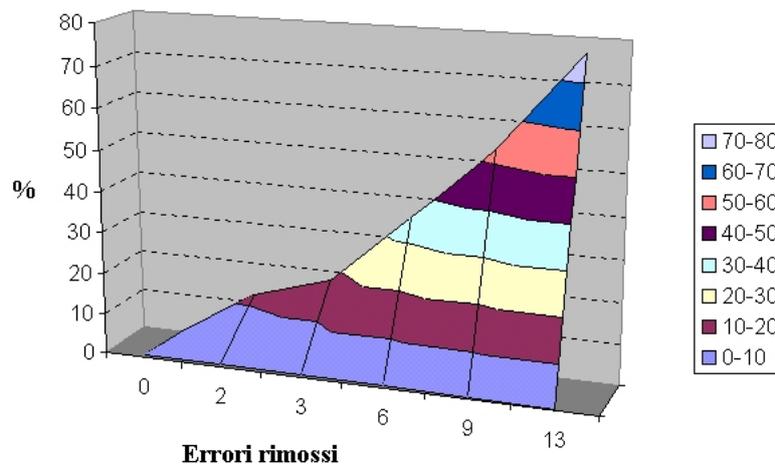


Figura 3.26: Andamento del tasso di rischio nel Modello di Musa

### 3.4 Studio delle caratteristiche del Bliss2003

#### 3.4.1 Valutazione delle esigenze

I sistemi informatici dedicati ai disabili sono spesso progettati e realizzati in modo insoddisfacente rispetto alle esigenze che devono soddisfare. Tra i fattori responsabili della cattiva riuscita di alcuni ausili vi

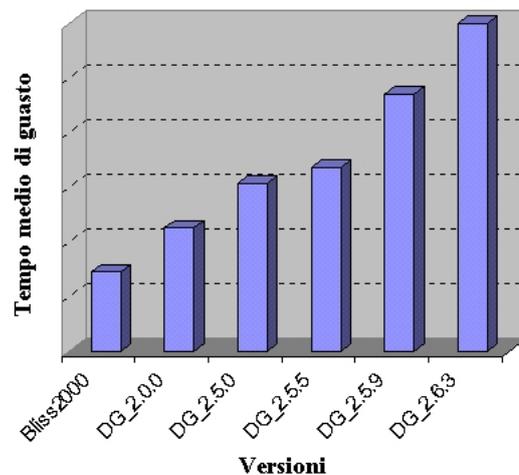


Figura 3.27: Andamento del tempo di guasto nel Modello di Musa

è la convinzione del progettista di potersi fidare esclusivamente della propria esperienza, senza confrontarsi con altre esperienze o con le reali esigenze degli utenti, oppure per una mancanza di tecniche adeguate per realizzare un fruttuoso incontro tra questi due soggetti. Al fine di massimizzare l'usabilità del prodotto è necessario un design di alto livello, l'adeguatezza del sistema alla sua funzione, l'adattamento del prodotto con l'ambiente, una buona interfaccia utente, ecc. Il progetto Bliss2003 basa l'intero sviluppo su questi principi, come presentato nei paragrafi seguenti.

### Importanza della fase di analisi

La fase di analisi e specifica dei requisiti è la fase più critica del processo di sviluppo di un'applicazione, come vedremo in seguito (paragrafo 3.4.1), senza una valutazione accurata delle esigenze c'è il grosso rischio che il prodotto non raggiunga lo scopo che l'utente si è prefissato.

Si tratta di una attività di tipo esplorativo: la realtà che viene analizzata viene progressivamente compresa, pertanto il livello di precisione e del dettaglio dell'analisi cresce in modo incrementale.

L'obiettivo di questa fase è quello di comprendere le reali esigenze e bisogni del committente per poi formalizzarle fino a stendere i requisiti che dovrà avere l'applicativo. È una fase delicata e non semplice in quanto occorre far compenetrare due culture diverse in una visione unitaria e non ambigua: da una parte il committente (in questo caso

l'utente che andrà ad usare il Bliss2003), dall'altra parte l'ingegnere del software.

### **Linee guida della tesi**

“La ricerca migliore è quella che ha come obiettivo l'uomo”, affermò il prof. Somalvico nel suo intervento al convegno SMAU del 2002 [93] e su questa linea è stato impostato l'intero processo di sviluppo del Bliss2003.

Sin dall'inizio, infatti, il taglio che abbiamo voluto dare al nostro lavoro di tesi è stato quello di porre l'utente al centro del progetto, in modo da realizzare un sistema che gli fosse veramente utile, che rispondesse il più possibile alle sue reali esigenze. Capita spesso, infatti, di assistere, soprattutto in questo settore dell'ICT dedicato ai disabili, a progetti con alto contenuto tecnologico, con notevole spessore innovativo, ma con il grosso interrogativo di chi mai potrà usarli. Esistono numerosi lavori che non trovano applicazione pratica, o peggio ancora, sono disponibili ma a costi impossibili per un utente medio.

La nostra idea è stata quella di realizzare una nuova versione del Bliss2000, estendendo le sue funzionalità e modalità d'uso, partendo da una visione sul campo delle problematiche esistenti e dei possibili sviluppi attuabili di un certo interesse, avvalendoci del prezioso contributo del personale medico specialistico presente nei centri collaboranti<sup>14</sup>. Nel settore dell'ICT dedicato ai disabili (chiamato anche Assistive Technology), nell'intento di sviluppare uno strumento informatico ad-hoc, è infatti indispensabile il contributo di diverse figure professionali provenienti non solo dal campo informatico ed elettronico, ma anche dalla medicina, psicologia, pedagogia e linguistica. Quindi, dopo una fase d'uso dell'applicativo da parte di alcuni utenti presenti nei centri specializzati, abbiamo raccolto una serie di requisiti, osservazioni, critiche e soprattutto possibili sviluppi del programma, da parte di psicologi, neuropsichiatri, educatori al fine di renderlo ancor più utile come strumento di AAC. L'obiettivo è quello di rendere il sistema effettivamente utile, cioè ancor più “risolutore di problemi reali”, o comunque uno strumento alternativo ai tradizionali metodi riabilitativi.

Come è già stato descritto con il modello a spirale (cfr. sez. 3.3.3), la valutazione delle esigenze non si è limitata solo alla fase iniziale del nostro lavoro, ma è proseguita durante tutta la fase di manutenzione correttiva, come una sorta di follow-up informatico<sup>15</sup>. Questo rite-

---

<sup>14</sup>Per maggiori dettagli riguardanti la sperimentazione sul campo, si consulti la sezione 6.2.

<sup>15</sup>Con follow-up informatico si intende seguire l'utente con controlli periodici, valutando, di volta in volta, l'eventuale evoluzione delle sue priorità.

niamo sia di fondamentale importanza se si vuole evitare che il sistema informatico resti un prodotto bello da vedere ma poco utile perchè non rispondente ai bisogni del disabile.

### **Lo strumento MPT (Matching Person & Technology)**

L'abbandono dell'ausilio<sup>16</sup> è un fenomeno tutt'altro che marginale: studi pubblicati in letteratura hanno messo in luce un elevato tasso di abbandono di ausili anche molto costosi laddove questi siano stati prescritti senza una valutazione accurata delle esigenze, della personalità e dello stile di vita dell'utente, o laddove siano carenti la manutenzione tecnica e il follow-up. In particolare il S.I.V.A.<sup>17</sup> ha condotto un'indagine nel 2001 che ha evidenziato un tasso di abbandono del 37%, ossia circa 4 persone su 100 non usano, di fatto, l'ausilio prescritto che si è rilevato non essere adatto e funzionale per il soggetto. Analogamente, alcuni ricercatori statunitensi hanno scoperto che l'abbandono avviene prevalentemente nel primo o nel quinto anno di uso, a testimonianza del fatto che si ha avuto una scarsa considerazione dell'opinione dell'utente e un'errata valutazione delle sue priorità.

Il pacchetto di strumenti di valutazione MPT (Matching Person and Technology) ideato da M. Scherer presso l'Università di Rochester e rielaborato in italiano dal S.I.V.A. [89] è basato su un dialogo attivo tra operatore e utente, consente una valutazione preventiva di quanto l'ausilio potrà essere accettato positivamente dall'utente stesso e divenire parte integrante della propria vita.

Gli strumenti di valutazione del modello MPT sono concepiti per supportare, non per sostituire le valutazioni professionali. Essi sono pensati per identificare il punto di vista dell'utente, sono strumenti di analisi il cui scopo è indicare aree di bisogno per ulteriori valutazioni di interventi sulla base del presupposto che ciascun abbinamento fra persona e tecnologia è unico e basato sulle problematiche individuali. Gli strumenti di valutazione non sono costruiti per predire l'uso o il non uso della tecnologia, sono pensati per identificare ostacoli all'uso e prevenire fenomeni di abbandono.

Il modello si basa sull'analisi di 3 aree di attenzione:

- le caratteristiche della persona destinata ad essere l'utente della tecnologia;

---

<sup>16</sup>Una definizione esauriente di ausilio tecnologico, con una panoramica dei principali ausili per la comunicazione, è contenuta nell'appendice A di questa tesi.

<sup>17</sup>Il S.I.V.A. (Servizio Informazione Valutazione Ausili) è una rete di servizi specializzati in grado di fornire orientamento e consulenza nella scelta degli ausilli e nella ricerca di ogni soluzione utile a migliorare la propria autonomia.

- la tecnologia in sè;
- l'ambiente fisico o umano nel quale l'utente interagisce con la tecnologia.

Queste componenti primarie del modello (la persona, la tecnologia, e l'ambiente d'uso), possono contribuire sia in modo positivo che negativo ad influenzare l'uso della tecnologia. Se le influenze negative sono troppe, la possibilità che la tecnologia abbia successo è molto limitata.

Il pacchetto MPT comprende una serie di fogli di lavoro studiati per coloro che sviluppano e forniscono tecnologia che potrebbe porre problemi nell'abbinamento con la persona che dovrà utilizzarla; ciascuno di questi strumenti è di rapida applicazione, facile e autoesplicativo. Nel nostro caso ci siamo limitati ad utilizzare solo tre dei sei strumenti di cui riportiamo una breve descrizione:

**foglio di lavoro MPT** : definisce obiettivi, interventi, tecnologie usate in passato e possibili;

**questionario SOTU** : analizza le tecnologie in uso e usate, le preferenze delle attività, le caratteristiche personali e sociali;

**questionario ATD PA** : indaga sulle caratteristiche dell'ausilio, sulla personalità dell'utente e sull'ambiente d'uso.

Nella pratica questi strumenti non sono altro che una serie di domande a risposta chiusa, con scelta multipla, che devono essere compilate dall'utente (o famiglia), dagli specialisti del campo medico e dagli esperti del settore informatico. Per questo tipo di analisi, abbiamo seguito un caso di studio reale, rappresentato da Elisa<sup>18</sup>, una ragazza che utilizza quotidianamente il linguaggio Bliss per comunicare. Quindi gli obiettivi che ci siamo posti di raggiungere col metodo MPT sono stati:

- valutare le esigenze dell'utente (in particolare Elisa);
- valutare le aspettative che si attendono dal Bliss2003;
- valutare in che misura verrà accettato Bliss2003 come ausilio.

Ogni foglio di lavoro prevede una serie di punteggi [89] che però hanno valore di indicatori più che di misure in senso stretto. I moduli impiegati sono riportati nell'appendice C di questa tesi, mentre di seguito vengono mostrati i risultati ottenuti con questo modello.

---

<sup>18</sup>Maggiori dettagli riguardanti questo caso di studio da noi seguito sono riportati nella sezione 6.2.2.

<b>Limitazioni</b>	<b>Obiettivi</b>
<b>Comunicazione:</b> problemi di coordinazione verbale congeniti.	<b>Obiettivi:</b> facilitare la comunicazione migliorando l'integrazione comunicativa.
<b>Mobilità:</b> tetraparesi spastico distonica che compromette l'utilizzo funzionale degli arti superiori e inferiori. Riesce comunque a coordinare gli spostamenti dell'arto superiore destro.	<b>Obiettivi:</b> rendere meno difficoltoso il meccanismo di scelta dei simboli, facilitando la fase di input.
<b>Vista:</b> problemi nella coordinazione oculare, utilizza meglio l'occhio sinistro.	<b>Obiettivi:</b> studiare un sistema di segnaletica acustica per aiutare in fase di selezione dei simboli. Progettare una illuminazione appropriata che tenga presente le limitazioni visive.
<b>Lettura/scrittura:</b> non usa il linguaggio naturale ma il codice Bliss.	<b>Obiettivi:</b> sfruttare al meglio il sistema di sintesi vocale in modo da favorire l'integrazione con chi non conosce tale linguaggio.
<b>Apprendimento/cognizione:</b> presenta enormi potenziali cognitivi e notevoli capacità in termini di apprendimento. Si dimostra decisamente interessata a comunicare non solo necessità, ma soprattutto sentimenti e pensieri.	<b>Obiettivi:</b> ampliamento delle conoscenze non necessariamente legate ai vissuti personali.

Tabella 3.1: Risultati foglio di lavoro MPT

Come è possibile osservare dalla tabella 3.1, dall'analisi delle limitazioni raccolte attraverso il foglio di lavoro MPT emergono diverse aspettative che l'utente vorrebbe veder realizzate in Bliss2003; come si vedrà in seguito, su questo insieme di obiettivi si baserà la formulazione delle specifiche funzionali.

Interpretando i risultati ottenuti dal questionario SOTU (tab. 3.2) si può affermare, senza dubbio, che il grado di comfort dell'utente in questione (Elisa) con la tecnologia è buono, nonostante non ci sia una predisposizione convinta, molto probabilmente a causa dei fattori emotivi della ragazza. Emerge chiaramente la necessità di intensificare i rapporti con altre persone, partendo dagli ambienti di vita quotidiani, per arrivare ad una migliore integrazione sociale e comunicativa.

Categoria	Positive	Indifferenti	Negative
Esperienze con le tecnologie	4	1	0
Punto di vista sulle tecnologie	2	4	2
Attività più frequenti	1	1	2
Caratteristiche personali/sociali	3	6	5
<b>Totale</b>	10	12	9

Tabella 3.2: Punteggi questionario SOTU per l'utente

Una conferma di questo bisogno emerge anche dall'analisi dei risultati del questionario ATD PA (tab. 3.3), dove il punteggio più basso, ottenuto nell'area "disabilità", rimarca il desiderio di potenziare le abilità di comunicazione, nella speranza di raggiungere con il Bliss2003 anche un maggior grado di autonomia.

Area	Punti
Disabilità	1,214
Ausilio	4,3
Ambiente	3,571
Carattere	4,027

Tabella 3.3: Punteggi questionario ATD PA per l'utente

Sempre nell'ottica di porre l'utente al centro dell'individuazione delle specifiche del Bliss2003, per meglio valutare le esigenze e i problemi che l'utente spera di risolvere o migliorare grazie all'ausilio, riportiamo (tab. 3.4) i risultati ottenuti impiegando lo strumento IPPA (Individual Prioritised Problem Assessment) [4], fortemente centrato sull'utente<sup>19</sup>.

La famiglia di Elisa e il personale medico sono stati chiamati a identificare i problemi che si desidera risolvere con Bliss2003, esprimendo un grado di importanza e un grado di difficoltà incontrato da Elisa per affrontare attualmente quel problema.

### Valutazione delle estensioni proposte

Dalla sperimentazione avviata presso i centri specializzati e dall'uso del sistema da parte di Elisa, sono emerse un notevole numero di possibili nuove funzionalità che potrebbero estendere il Bliss2000 in diverse direzioni.

Tutte le proposte di nuovi sviluppi<sup>20</sup> sono state catalogate e clas-

<sup>19</sup>Occorre precisare che lo strumento è utilizzato soprattutto per valutare l'efficacia dell'ausilio, come descritto nella sezione 6.4.1.

<sup>20</sup>Una descrizione completa dei possibili ampliamenti futuri è presente nella sezione 7.3.

Num.	Descrizione del problema	Importanza	Difficoltà
1	velocizzare la comunicazione	5	4
2	facilitare la scelta dei simboli durante la costruzione della frase	5	4
3	poter comporre la frase in modo più autonomo e indipendente	5	4
4	favorire l'integrazione sociale nei vari ambienti di vita di Elisa, facilitando la comunicazione con gli altri interlocutori che non usano il linguaggio Bliss	5	5
5	ampliare il bagaglio comunicativo non fermandosi ai bisogni, ma poter esprimere pensieri e sentimenti	5	4
6	aumentare la concentrazione rendendo il sistema più interattivo (per quanto riguarda il canale uditivo) e più chiaro (per quanto riguarda il canale visivo)	4	4
7	potenziare l'apprendimento anche a livello scolastico, al di fuori dei normali contesti comunicativi	4	4

Tabella 3.4: Risultati intervista IPPA

sificate in base a un livello di priorità da noi assegnato, sulla base dei bisogni evidenziati nei precedenti paragrafi. Sono poi state valutate insieme alla Dott.sa Gava<sup>21</sup>, al fine di scegliere quelle che potrebbero essere di maggior interesse e utilità per un disabile nella parola che dovesse usare il Bliss2003. Dopo un'attenta analisi sono state scelte quattro macro-estensioni, di cui verranno fornite le specifiche in seguito.

**Assistente Compositore** : ha lo scopo di rispondere alle richieste dell'utente di velocizzare la costruzione di un testo Bliss, facendo meno fatica e, in alcuni casi, senza avere un assistente a fianco, in modo da aumentare l'autostima del soggetto.

**Interfaccia Iconografica** : ha lo scopo di rendere meno confusivo e più intuitivo l'aspetto grafico del sistema, in modo che il disabile non venga distratto da elementi di contorno spesso secondari al funzionamento dell'applicativo.

<sup>21</sup>La Dott.sa Maria Luisa Gava è una psicologa, esperta di AAC, ex-direttrice dell'AICA (Associazione Italiana Comunicazione Alternativa), da anni e tuttora a contatto con disabili verbali.

**Sintesi vocale in aiuto alla selezione** : ha lo scopo di rendere meno difficoltosa e più autonoma la scelta dei simboli ai soggetti con problemi di vista e nello stesso tempo per creare un rapporto più interattivo col disabile.

**Caratterizzazione simbolica** : ha lo scopo di poter gestire più semplicemente simboli non appartenenti allo standard Bliss, contenenti immagini, disegni, ecc. permettendo così di allargare facilmente i contesti comunicativi dell'utente, con possibili obiettivi di sviluppo cognitivo.

### 3.4.2 Specifiche delle nuove funzionalità

La specifica deve essere una definizione dei bisogni dell'utente che il prodotto deve soddisfare; scrivere buone specifiche non è un'attività semplice, soprattutto per sistemi complessi. Di conseguenza, la fase di analisi e stesura delle specifiche deve essere guidata da buoni principi e possibilmente da strumenti che la rendano più agevole e favoriscano l'individuazione di eventuali errori [23].

In questa sezione daremo una descrizione abbastanza generale delle specifiche funzionali<sup>22</sup>, un approccio più dettagliato e formale è contenuto nella sezione 4.4 per quanto riguarda l'Assistente Compositore e nel capitolo 5 per quanto riguarda le altre funzionalità.

#### Assistente Compositore

Studi statistici [44] dimostrano che il 35% dei portatori d'handicap ha 3 disabilità plurime associate, il 34% ne ha 4, l'8% ne ha 5; ciò significa che abbinati a problemi di comunicazione, molto probabilmente, esistono deficit motori, più o meno gravi. Gli ausili informatici hanno ormai fatto enormi progressi, per cui non è più raro assistere a soggetti che utilizzano un caschetto come puntatore, oppure sistemi di selezione basati sul movimento della pupilla piuttosto che sull'apertura/chiusura della palpebra<sup>23</sup>. Tutt'oggi in commercio esistono anche una vasta gamma di sensori (switches) che servono per dare un input alla macchina nei modi più diversi, sfruttando le capacità motorie

---

<sup>22</sup>Si possono avere diversi tipi di specifiche: specifiche dei requisiti, per indicare la definizione delle proprietà del sistema; specifiche funzionali, per indicare le funzioni che deve fornire il sistema; specifiche architetture per indicare la struttura di massima del sistema.

<sup>23</sup>A tal proposito è diventato famoso il caso di Jean-Dominique Bauby, direttore del settimanale francese *Elle*, che a seguito di un incidente stradale è rimasto in coma vigile e l'unico modo con cui comunicava era il movimento della palpebra sinistra, riuscendo a scrivere un intero libro.

residue di ogni individuo: sensori a pulsante, a soffio, a sfioramento, regolabili in base alla pressione di scatto esercitabile<sup>24</sup>, ecc. Questi ausili sono molto utili come interfaccia per quelle applicazioni che prevedono un sistema di scansione: procedimento che consente di individuare e selezionare un elemento appartenente ad un insieme attraverso scelte successive<sup>25</sup>. Il vantaggio dell'impiegare questi strumenti diventa praticamente nullo se l'applicazione che si usa non fornisce un sistema di scansione efficiente. Infatti l'obiettivo di tali ausili consiste nel permettere all'utente di interagire con la macchina, usando una particolare parte del corpo, facendo meno fatica possibile.

Alla luce di ciò e di quanto emerso dall'analisi delle esigenze dell'utente (cfr. tab. 3.4 punti 1, 2 e 3) abbiamo pensato di riprogettare la scansione automatica già presente in Bliss2000, nel tentativo di rimuovere gli enormi punti deboli presenti e soprattutto di ridurre i lunghi tempi per la scelta di un simbolo<sup>26</sup>. L'obiettivo è dunque realizzare una scansione che renda più veloce ed efficiente la composizione di una frase in Bliss.

Al fine di potenziare il meccanismo di scansione automatica già presente, si è optato per la creazione di un "Assistente Compositore" che aiuti l'utente durante la costruzione di una frase, implementando una scansione intelligente mediante la predizione sul prossimo simbolo. Si tratta di un suggeritore che in fase di selezione propone una serie di possibili simboli in base al simbolo precedentemente scelto, tenendo conto della storia passata dell'utente in questione. Ad esempio, in una frase del tipo "io volere mangiare" il prossimo simbolo, con molta probabilità sarà un cibo, quindi l'Assistente Compositore suggerirà "pizza", "pasta", "pane", ecc., sulla base di quanto aveva scritto in precedenza l'utente riguardo al tema "mangiare". Nella realizzazione dell'Assistente Compositore sono stati tenuti in considerazione tre aspetti: la frequenza con cui un simbolo viene usato dall'utente, la categoria a cui appartiene tale simbolo (verbo, aggettivo, sostantivo, ecc.) e il suo significato (sostantivo di nutrimento, luogo, parte del corpo, ecc.).

Un aspetto progettuale di fondamentale importanza di cui si è voluto tener conto è che l'Assistente Compositore, pur avendo una propria configurazione iniziale, con l'uso del sistema si adatti progressivamente alle caratteristiche comunicative dell'utente: tipica struttura

---

<sup>24</sup>Una breve panoramica dei principali sensori è contenuta nella sezione A.4 dell'appendice di questa tesi.

<sup>25</sup>Una descrizione più dettagliata della scansione, con i principi e le molteplici varianti e modalità di funzionamento, è contenuta nella sezione 4.2 di questa tesi.

<sup>26</sup>Per maggiori dettagli riguardanti lo stato della scansione automatica implementato in Bliss2000 si consulti la sezione 4.2.5 di questa tesi.

della frase<sup>27</sup>, categoria di simboli più usata, simbolo preferito all'interno della categoria, ecc. Infatti è ben noto in letteratura che ogni particolare disabile comunicativo, in funzione del livello di handicap, ha delle proprie peculiarità nel suo comunicare, in tal modo risulta assai poco utile adattare un ausilio che sia per tutti uguale.

Per un utente di AAC ricopre un ruolo fondamentale la posizione che i simboli hanno nella tabella di comunicazione, non solo per motivi mnemonici ma per un principio di organizzazione mentale. Pertanto non va trascurata l'impostazione dell'interfaccia grafica dell'Assistente Compositore: al fine di non creare confusione nella mente del soggetto, i simboli suggeriti dalla scansione intelligente verranno proposti in un'area dello schermo ben distinta da quella riservata alla tabella di comunicazione.

Confrontandoci con il personale medico specialistico è emerso un importante requisito sul numero di simboli che l'Assistente Compositore dovrebbe suggerire di volta in volta: dato che l'obiettivo della scansione intelligente è quello di rendere più veloce ed efficiente la composizione di una frase, sarebbe controproducente realizzare un sistema di predizione che proponga una lista troppo lunga di simboli. In tal caso, infatti, l'utente impiegherebbe più tempo a scorrere i simboli suggeriti che non quelli contenuti nella tabella di comunicazione personale. In particolare, sulla base di studi e test<sup>28</sup> condotti da ingegneri sviluppatori di software per l'aiuto alla comunicazione, si è visto che non bisognerebbe proporre oltre 4-5 simboli per volta.

### **Interfaccia Grafica**

Ricerche condotte dall'EUSTAT<sup>29</sup> per assicurare i benefici della tecnologia alle persone disabili [52] hanno dimostrato la necessità di sviluppare prodotti che possiedano la proprietà dell'accessibilità. È fondamentale infatti che il design del Bliss2003 tenga presente le esigenze dell'utente tipico di questo sistema, in quanto questo non è il "consumatore medio" ma una specifica classe di utente.

Questa considerazione, in aggiunta ai bisogni individuati nella fase di analisi (cfr. tab. 3.1 e tab. 3.4 punto 6), ci ha indirizzati a riproget-

---

<sup>27</sup>Studi di esperti della AAC hanno mostrato che una testo scritto in Bliss non ha in genere la stessa struttura grammaticale di una frase in italiano; la sequenza soggetto-verbo-complemento non è pertanto garantita, ma dipende dal grado cognitivo del disabile.

<sup>28</sup>Per la precisione tali test riguardavano la predizione in sistemi che non facevano uso di linguaggi simbolici, ma alfabetici.

<sup>29</sup>L'EUSTAT (Empowering USers Through Assistive Technology) è un consorzio europeo che ha condotto una serie di studi e pubblicazioni nell'ambito del Programma Applicazioni Telematiche per Disabili della Commissione Europea; ha inoltre elaborato delle linee-guida per coloro che sviluppano e curano l'empowerment dei disabili.

tare l'interfaccia utente, in particolar modo la parte iconografica, ossia l'organizzazione dei bottoni della barra dei comandi principali e delle barre dei comandi degli ambienti (cfr. sez. 3.2.1).

Nel Bliss2000, infatti, l'interfaccia grafica era stata ideata secondo i principi standard di Windows, ma in realtà il sistema non è, in genere, rivolto ad un utente con conoscenze informatiche nè tantomeno "standard". Ad esempio: un bottone con la classica icona di MsWord non indica in modo così intuitivo, ad un soggetto disabile, la funzione di esportare il testo scritto a un word processor, proprio perchè non siamo di fronte a un classico utente Windows. Inoltre, l'interfaccia a prima vista si rivela molto disorientante, in quanto la diversità dello stile iconografico, nel tratto e nel colore non aiuta il canale visivo dell'utente, disturbato dai forti contrasti presenti. Per finire, occorre rilevare la presenza anche di un certo numero di icone non molto chiare e nemmeno di facile intuizione, a volte non rappresentanti la funzione collegata o comunque con raffigurazioni molto complesse.

Si è quindi deciso di ridisegnare l'intera raccolta di icone, in modo da ottenere un risultato non tanto orientato all'estetica ma, ancora una volta, all'utilità, con l'obiettivo di massimizzare l'usabilità da parte del disabile verbale. In particolare si è deciso di migliorare l'interfaccia grafica nei seguenti aspetti:

- rendere le icone associate ai bottoni più intuitive in modo che appaia subito chiara il tipo di funzione collegata;
- dare una certa omogeneità alle barre dei bottoni, dando uno stile uniforme a tutte le icone, aspetto non presente nell'interfaccia del Bliss2000 che causava una serie di disturbi visivi che compromettevano la decodifica del contenuto da parte dell'utente disabile;
- semplificare le barre dei comandi degli ambienti riducendo il numero dei bottoni direttamente presenti, raggruppandoli funzionalmente in una serie di bottoni pop-up.

### **Selezione con sintesi vocale**

Dalla sperimentazione sul campo, in particolare dal Servizio di Neuropsichiatria Infantile di Crema, abbiamo potuto osservare il metodo di lavoro di Elisa con le versioni beta del Bliss2000. La ragazza è affiancata da una terapeuta della riabilitazione che legge di volta in volta il significato del simbolo evidenziato dal cursore durante la scansione, con uno sfondo o una cornice colorata. Elisa, oltre a vedere sul monitor

il simbolo, ha quindi un feedback audio che, nel suo caso, ricopre una notevole importanza.

Da questa osservazione diretta sul campo, confermata dall'analisi delle esigenze (tab. 3.1) e dall'elenco dei problemi più importanti che l'utente si aspetta di risolvere con Bliss2003 (tab. 3.4 punto 6), abbiamo ritenuto indispensabile introdurre una lettura vocale durante la fase di selezione.

Appoggiandosi al motore di sintesi vocale, già presente in Bliss2000, si vuole dare un aiuto nella scelta dei simboli, con un uscita audio che legga il significato del simbolo attualmente evidenziato dal cursore, non solo durante la scansione automatica, ma anche quando ci si muove nella tabella di comunicazione con la tastiera o il mouse.

Questo sarebbe molto vantaggioso per tutti gli utenti con problemi visivi, ma non solo: è dimostrato, infatti, che l'interazione con la macchina anche attraverso il canale uditivo, aumenta il livello di concentrazione del soggetto disabile verbale.

### **Caratterizzazione simbolica**

Osservando i risultati della fase di analisi delle esigenze, appare chiaramente la necessità di Elisa (generalizzabile comunque a tutta la popolazione disabile verbale) di partecipare in modo più attivo alla vita sociale, allargando il proprio bagaglio comunicativo e arricchendo le proprie conoscenze. Per un adolescente con questi problemi diventa fondamentale il ruolo che ricopre la scuola, possibile fonte di conoscenza e integrazione sociale (tab. 3.4 punto 7). Spesso, però, si trovano docenti non preparati ad affrontare certi tipi di handicap, in particolare l'interazione con un ragazzo con difficoltà comunicative, può creare problemi non indifferenti. Nonostante ciò, il disabile verbale, compatibilmente con le proprie capacità cognitive e motorie, desidera fortemente avere le stesse opportunità di conoscenza che vengono offerte a un coetaneo normodotato. A tal proposito, nel caso dell'apprendimento di alcune materie scolastiche si presta molto bene la rappresentazione grafica di certi concetti, sottoforma di disegni, foto, grafici, ecc.

Con il Bliss2003 si vuole permettere una gestione più efficiente e semplificata dei simboli contenenti oggetti OLE (foto, disegni, ecc.), avendo a disposizione tutte le funzionalità che si hanno manipolando un simbolo Bliss. Nel Bliss2000 era implementata la gestione dei simboli con oggetti OLE, ma si presentava molto complessa e poco user-friendly: per posizionare un simbolo nella tabella di comunicazione era necessario indicare la posizione in coordinate cartesiane. Bliss2003 deve dare la possibilità di posizionare un simbolo non Bliss usando le tradizionali funzioni copia, incolla, elimina.

Nell'ottica di ampliare le conoscenze del disabile verbale, non fermandosi semplicemente ai suoi vissuti personali (obiettivo emerso dal foglio di lavoro MPT, tab. 3.1), la gestione efficiente della caratterizzazione permetterebbe al terapeuta di realizzare la contestualizzazione grafica (cfr. 2.2.4) dell'aspetto semantico dei simboli Bliss: il soggetto vede da una parte la rappresentazione della realtà (es. foto di un nuovo concetto) e dall'altra parte il corrispondente simbolo Bliss.

Un'ulteriore possibilità che viene offerta dalla caratterizzazione è data dall'apertura verso altri linguaggi di AAC (PCS, PIC, Rebus, ecc.). In questa ottica, Bliss2003 potrebbe essere impiegato come generico software per la comunicazione alternativa e sfruttando le funzionalità della multiutenza, potrebbe essere utilizzato in un centro con diversi soggetti che comunicano con diversi codici alternativi.

### **3.4.3 Criteri di realizzazione software**

La costruzione del software è un'attività ben più vasta della sola programmazione intesa come progetto e codifica di algoritmi. Essa comporta infatti la necessità di definire esattamente gli obiettivi del progetto (sezione precedente), ma anche di impostare la struttura dello stesso come un insieme di varie componenti tra loro interagenti, implementandole e integrandole seguendo i principi dell'ingegneria del software.

L'intero processo di sviluppo del Bliss2003 è stato guidato da questi importanti criteri di realizzazione che vanno dall'impostazione del processo produttivo alle tecniche di codifica e alle motivazioni che hanno portato a utilizzare certi strumenti piuttosto che altri.

#### **Pianificazione del processo produttivo**

Come in ogni attività industriale, per ottenere prodotti di elevata qualità, occorre prestare molta attenzione anche al processo che porta alla confezione finale del prodotto. Nel caso della produzione del software si ritiene che molti problemi connessi con la qualità del prodotto (correttezza, affidabilità, robustezza, efficienza, riusabilità, ecc.) siano da imputare a una scarsa attenzione ai problemi di qualità del processo produttivo.

La definizione precisa delle fasi di tale processo e della loro organizzazione costituisce un modello di sviluppo del software e viene spesso chiamata modello del ciclo di vita del software, per sottolineare il fatto che un sistema complesso come un prodotto software ha una vita che, spesso, si estende anche nell'arco dei decenni e copre il periodo che va dalla nascita del prodotto al suo ritiro definitivo dal mercato.

L'impostazione data alla pianificazione dello sviluppo del Bliss2003 può essere ricondotta, per certi aspetti, al modello a cascata (fig. 3.28).

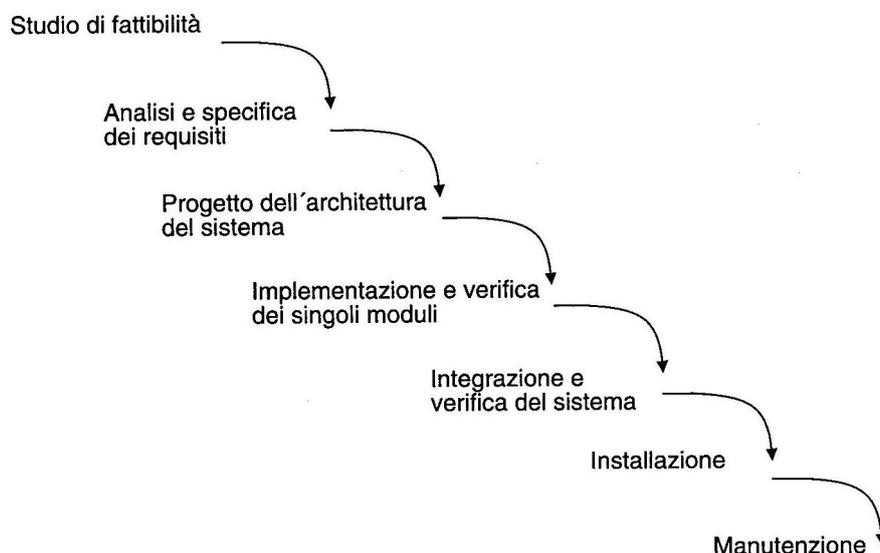


Figura 3.28: Ciclo di vita a cascata

Secondo questo modello, il ciclo di vita di un'applicazione passa attraverso una successione di fasi poste in cascata, in cui ciascuna fase riceve ingressi dalla fase precedente e produce uscite, che sono a loro volta ingressi per la fase seguente [37]. La sua rappresentazione grafica illustra infatti una progressione in cascata di fasi tale per cui da una fase si procede verso la successiva, senza ritorni all'indietro.

È importante ribadire che il nostro processo di sviluppo ha seguito questo modello per certi aspetti, gestendo le varie fasi in modo più flessibile. Il modello a cascata non è infatti completamente praticabile, in quanto è estremamente rigido e prescrittivo. Nello sviluppo del Bliss2003 ci siamo pertanto riferiti ad un modello evolutivo del ciclo di vita a cascata: l'intero prodotto sviluppato durante il ciclo produttivo costituisce l'incremento sulla base del quale si passa a sviluppare l'incremento successivo, ossia la nuova versione dell'applicazione dopo che è avvenuta l'attività di manutenzione richiesta per allineare il prodotto ai requisiti reali dell'utente.

Un'attenzione particolare merita la fase di verifica che, come descritto nella sezione 3.3.3, è stata svolta secondo un processo di organizzazione a spirale, in quanto, in questa fase iniziale, non vi erano ancora requisiti certi e stabili.

## Stile di codifica

L'attività di costruzione del software non può essere ridotta alla semplice attività di programmazione: alla programmazione in senso stretto, detta anche "programmazione in piccolo", occorre infatti affiancare la "programmazione in grande", il cui scopo è la costruzione di complessi sistemi software ottenuta componendo moduli più semplici eventualmente già esistenti. Alcuni di questi moduli possono essere costruiti ad-hoc per l'applicazione, in fase di sviluppo; altri, di uso più generale, potrebbero già esistere, archiviati in apposite librerie.

Anche nel realizzare Bliss2003, il modo più naturale è stato quello di modularizzarlo, così che l'intero progetto possa essere visto come un insieme di singoli elementi (moduli) tra loro coordinati. L'architettura delle estensioni aggiunte verrà poi descritta dettagliatamente nei due capitoli successivi, mentre ora ci limitiamo a inquadrare i principi impiegati.

- *Principio di information hiding*: nel realizzare i vari moduli costituenti il Bliss2003, abbiamo separato attentamente l'interfaccia di un modulo dal suo corpo. Molto spesso, infatti, l'interfaccia contiene informazioni insufficienti o eccessive rispetto all'uso che occorre fare del modulo.
- *Principio di design for change*: il problema dell'evoluzione del software, ossia della sua modifica in funzione di cambiamenti nelle esigenze di utilizzazione, assume una notevole rilevanza e noi stessi l'abbiamo sperimentato dovendo estendere il Bliss2000. Ovviamente è pressochè impossibile costruire un prodotto software che ben si adatti a tutti i possibili cambiamenti eventualmente necessari in futuro, ma essenziale è saper anticipare il cambiamento durante la progettazione. Questo lo si ottiene con la cosiddetta progettazione per il cambiamento, meglio nota come design for change. Consiste nell'utilizzare uno stile di sviluppo che consenta di poter far fronte a modifiche che per vari motivi devono essere effettuate, senza che per questo debba essere nuovamente messa in discussione l'intera struttura dell'applicazione.
- *Principio di basso accoppiamento e alta coesione*: la definizione di un modulo è stata basata su due fattori fondamentali: il grado di coesione del suo contenuto e il grado di accoppiamento con il resto del sistema. La coesione interna di un componente è importante, in quanto permette di avere un'unità che sia sostanzialmente omogenea e quindi più facilmente compresa. È necessario che tutto ciò che è contenuto in un modulo faccia riferimento a un insieme

di caratteristiche comuni (alta coesione), in modo da avere una maggior comprensibilità del modulo stesso e dell'intero sistema software. Inoltre favorisce da un lato la facilità di realizzazione e dall'altro gli eventuali cambiamenti. Come detto, l'altro fattore che abbiamo cercato di rispettare è il grado di accoppiamento: tanto è minore e tanto più si è riusciti a dominare la complessità del sistema. Così facendo abbiamo ottenuto un sistema composto da moduli tra loro sufficientemente non correlati, così da poter essere facilmente compresi da soli, senza dover ricorrere a un'approfondita conoscenza degli altri. Questo favorisce anche la riusabilità di alcuni componenti che erano stati progettati appositamente per il Bliss2003, ma che ora possono essere riutilizzati per altre applicazioni.

### **Gli strumenti CASE impiegati**

Le attività di progettazione sono primariamente opera dell'intelletto umano, ma possono trarre notevoli benefici dall'uso di opportuni strumenti di supporto, in tal caso si parla di progettazione assistita da calcolatore. Per lungo tempo gli strumenti tipici dell'ingegneria del software sono stati confinati alle fasi basse della progettazione (programmazione e integrazione software). Da circa un decennio però l'area della costruzione del software si è arricchita degli strumenti CASE (Computer Aided Software Engineering), ampiamente disponibili sul mercato e dedicati alle varie fasi del ciclo di vita e alla loro integrazione in un'attività di progettazione unitaria.

In particolare, nel processo di sviluppo del Bliss2003, ci siamo serviti dei seguenti strumenti CASE:

**ambiente di programmazione** : vista la complessità dell'architettura del Bliss2000 e la grossa quantità di codice scritto, abbiamo ritenuto opportuno continuare con Microsoft Visual C++, nella versione 6. Si è valutata anche la possibilità di passare alla versione 7 o ".net", ma in alcuni test di prova si sono verificate delle leggere incompatibilità con alcune parti di basso livello implementate con la versione 6. Quindi, solo per motivi di ottimizzazione dei tempi, data la mole del codice già scritto, abbiamo preferito continuare con la versione 6, che resta comunque molto potente;

**strumento di supporto alle specifiche** : in questa classe di strumenti è possibile trovare una grossa varietà di prodotti commerciali che presentano funzionalità e caratteristiche molto diverse tra loro in quanto si basano su metodologie e approcci estremamente differenti. Come descritto nella fase di reingegnerizzazione



Figura 3.29: Microsoft Visual C++ 6.0

e come si vedrà nei successivi capitoli, abbiamo adottato come formalismo di specifica il linguaggio UML. Di conseguenza ci siamo orientati verso uno strumento di supporto che usasse questo standard grafico e abbiamo scelto Together, un editor che consente allo sviluppatore di disegnare direttamente sullo schermo il diagramma che descrive l'applicazione. Attraverso delle barre degli strumenti si possono facilmente creare UseCase, Sequence, Class e altri tipi di diagram;

**strumento di supporto al testing e debugging** : in genere l'attività di testing, essendo particolarmente complessa e critica, richiede strumenti di supporto che aiutino a pianificare le varie prove e a tenere traccia dei risultati dei singoli test. Dato che abbiamo condotto la fase di testing in centri esterni, non sempre con personale informaticamente preparato, si è preferito non impiegare prodotti dedicati che avrebbero richiesto una certa formazione. Abbiamo invece utilizzato un semplice foglio elettronico (MsExcel) per la memorizzazione dei risultati dei test e per la loro elaborazione grafica nel calcolo dell'affidabilità. Questa scelta è giustificata anche dal fatto che è stata condotta una verifica di tipo white-box (cfr. 3.3.1) e quindi non era necessario individuare e tener traccia dei criteri di copertura tipici della verifica si tipo black-box. Per quanto riguarda la fase di debugging sono state usate le funzionalità inglobate nell'ambiente Visual C++ (watch monitor, breakpoints, ecc.);

**strumento per la realizzazione della guida** : in Bliss2003 è presente una guida in linea che contiene il manuale utente di tutte le funzionalità dell'applicazione. La tecnologia utilizzata è quella proposta da Microsoft (utilizzata per la realizzazione della guida dell'ambiente di programmazione Visual C++) e sfrutta un componente disponibile con Internet Explorer chiamato "HTML Help Control". La guida è stata realizzata attraverso pagine HTML opportunamente compilate con lo strumento Microsoft Help Work-

shop. L'enorme vantaggio che si ha con questa struttura della guida è la semplicità nelle operazioni di modifica e aggiornamento: infatti la creazione di un file HLP<sup>30</sup> che si dovrebbe usare in alternativa, richiede la compilazione di un documento RTF<sup>31</sup> che deve essere realizzato con una determinata sintassi. Risulta invece più abbordabile e veloce la realizzazione dei file HTML;

**strumento di supporto alla documentazione** : dal momento in cui il nostro lavoro di tesi contiene anche una consistente parte modellistica con un certo numero di formule matematiche, abbiamo preferito documentarla usando  $\text{\LaTeX}$ , un formattatore di testi molto potente e particolarmente impiegato nel campo della ricerca scientifica. Non è un word processor, ma un sistema per la preparazione di documenti tecnico scientifici, è freeware e usabile/portabile su qualsiasi piattaforma; un documento  $\text{\LaTeX}$  è un normale file di testo scritto con un qualsiasi editor (nel nostro caso l'editor dedicato WinEdt) che contiene, oltre al testo, dei comandi di formattazione.

---

<sup>30</sup>HLP è il formato dei file che l'applicazione Guida di Windows può interpretare.

<sup>31</sup>RTF è l'acronimo di Rich Text Format, con il quale Microsoft identifica un particolare formato di testo orientato allo scambio dati fra applicazioni differenti.

## Capitolo 4

# Assistente Compositore

---

*“La persona disabile ha diritto  
al massimo livello di autonomia,  
dignità, libertà ed equilibrio possibili  
in rapporto alla sua minorazione.”*

*(Giorgio Moretti, neuropsichiatria e prof.all'Università Cattolica)*

## 4.1 Introduzione

Questo capitolo ha lo scopo di presentare l'aspetto originale e fortemente innovativo di questa tesi: l'Assistente Compositore. Sistema di predizione di simboli "intelligente", con lo scopo di velocizzare e facilitare il processo di composizione di una frase.

Studi in letteratura hanno infatti mostrato come siano frequenti casi di disabili verbali con associati problemi motori che utilizzano un sistema di scansione, abbinato a modalità di input alternative, per interagire con le varie applicazioni informatiche. Il Bliss2003, con l'Assistente Compositore, vuole offrire all'utente la possibilità di comporre in modo autonomo una frase con la minor fatica possibile, riducendo i tempi di attesa, in base ai principi dell'Assistive Technology.

In particolare, nella sezione 4.2, si presenta lo stato dell'arte riguardante la scansione, descrivendone l'importanza che svolge nelle applicazioni informatiche dedicate ai disabili e illustrandone le tecniche attualmente sviluppate, con un cenno al sistema precedentemente implementato nel Bliss2000.

Nella sezione 4.3 vengono descritte le caratteristiche generali dell'Assistente Compositore sulla base delle esigenze emerse dagli utenti.

Una descrizione più dettagliata e formale dei requisiti che deve possedere il nuovo sistema è contenuta nella sezione 4.4.

Il cuore dell'Assistente Compositore, con i suoi principi di funzionamento è illustrato nella sezione 4.5, dove viene dato ampio spazio alla descrizione del modello probabilistico su cui si basa il sistema, ripercorrendo tutte le fasi di studio che hanno portato alla soluzione finale adottata.

Infine, nella sezione 4.6 si presentano, a grandi linee, le soluzioni implementative adottate, dando particolare attenzione agli aspetti progettuali di più alto livello.

## 4.2 Stato dell'arte

### 4.2.1 Importanza della scansione

Le persone con limitazioni nella mobilità possono trovare enormi difficoltà nell'interagire con un computer, specialmente se hanno associati anche problemi di comunicazione, per cui è preclusa la voce come canale di input alternativo. In questi casi l'accesso al computer è reso possibile grazie all'uso dei sensori (switches). Un sensore<sup>1</sup> è un dispositivo

---

<sup>1</sup>Una panoramica dei principali sensori disponibili in commercio è contenuta nella sezione A.4 dell'appendice di questa tesi.

di input, collegato al computer (o al comunicatore o a un telecomando) che è in genere attivato dal movimento di una parte del corpo (mano, ginocchio, testa, bocca, occhio, ecc.) con lo stesso effetto del click del mouse. Per la produzione di testi (sequenze di caratteri o, nel nostro caso, di simboli) l'uso del sensore deve essere accompagnato da un sistema software che permetta all'utente di costruire frasi scegliendo le lettere o i simboli da una matrice (o insieme).

La scansione è quel procedimento che consente di individuare e selezionare un elemento appartenente a un insieme attraverso scelte successive compiute in sott'insiemi sempre più piccoli rispetto a quello di partenza. Il funzionamento è semplice: sul video del computer, sulla tastiera di un comunicatore o di un telecomando è presente un indicatore luminoso, eventualmente accompagnato da un riscontro sonoro, che evidenzia la cella attiva che procede automaticamente (o viene fatta procedere manualmente) di bersaglio in bersaglio (simboli tra cui l'individuo deve fare una scelta). Quando tale indicatore si posiziona sull'oggetto prescelto l'utente attraverso il sensore dà un segnale di conferma che produce una determinata azione (l'uscita di messaggio preregistrato in un VOCA, la scrittura di un determinato carattere in un programma di videoscrittura su PC, l'accensione di un dispositivo a infrarossi se si tratta di un telecomando, ecc.).

Per le persone con gravi disabilità motorie, la scansione può rappresentare l'unica via per poter comunicare. Pur essendo apparentemente molto lenta, questa tecnica può essere notevolmente efficace se abbinata ad altri accorgimenti di accelerazione dell'input (predizione, abbreviazione di macro, fogli collegati ad albero per sveltire le procedure, ecc.). Inoltre, non esiste alcuna situazione motoria nota, per quanto clinicamente grave, per cui non possa essere identificato un sensore adatto a rilevare almeno un semplice comando, un soffio, un micromovimento, un suono, una piccola forza. Esistono in commercio sensori di estrema raffinatezza, che possono arrivare ad attivarsi con qualsiasi movimento dell'utente, per quanto modesto esso sia.

Da circa vent'anni sono state condotte parecchie ricerche con lo scopo di velocizzare e facilitare il compimento di una scelta da parte di coloro che, per cause diverse, non sono in grado di effettuare quest'operazione in autonomia [45]. Sono state sviluppate diverse procedure di scansione e modalità di controllo che verranno brevemente presentate nel seguito; sono tutt'ora in fase di studio altre soluzioni basate su predizione e adattamento dinamico di alcuni parametri.

### 4.2.2 Modalità di controllo

Una delle caratteristiche che distingue le tecniche di scansione è la modalità di controllo impiegata, ossia come si muove l'indicatore luminoso da un elemento (simbolo, nel caso del Bliss2003) all'altro. Esistono infatti parecchie soluzioni per muovere l'indicatore nell'insieme di selezione; ognuna presenta dei vantaggi e delle limitazioni. La scelta deve essere basata sulla tipologia dell'handicap dell'utente in questione: non esiste quindi una modalità migliore delle altre in termini assoluti, ma relativamente al soggetto e alle sue problematiche.

Vengono presentati di seguito i principali metodi impiegati nei sistemi a scansione attualmente presenti in commercio, integrati in applicativi per la AAC [22, 45].

#### Scansione Manuale

Nella scansione manuale è l'utente che, agendo su alcuni sensori, evidenzia una dopo l'altra le varie possibilità offerte e seleziona, con un altro tasto, il simbolo o la funzione desiderata.

Per funzionare correttamente questo sistema richiede almeno due sensori distinti, oppure un sensore multiplo che emula il funzionamento del mouse (4 tasti per lo spostamento nelle varie direzioni e uno per la conferma). Nella maggior parte dei casi vengono utilizzati due pulsanti: con il primo si procede, con il secondo si dà la conferma.

Questa modalità di scansione permette un maggior controllo da parte dell'utente, ma implica un lavoro motorio superiore rispetto alla scansione automatica. Inoltre, essendo due sensori invece di uno solo, si pone il problema del posizionamento degli stessi.

#### Scansione Automatica

Quando le potenzialità motorie sono particolarmente compromesse è possibile azionare un unico sensore e diviene quindi indispensabile la scansione automatica. In questo caso è il programma che mostra una dopo l'altra, secondo una velocità regolabile ma costante, le varie opzioni possibili (caratteri, simboli, comandi, ecc.) e l'utente dovrà solo selezionare quella desiderata al momento giusto.

L'indicatore procede automaticamente, la conferma viene data premendo il pulsante (o attivando un sensore nella modalità prevista) quando l'indicatore è sull'oggetto prescelto.

La scansione automatica è la modalità che implica il minor lavoro motorio rispetto a tutte le altre, ma in compenso può richiedere lunghi tempi di attesa. Un altro problema riguarda l'emotività: la selezione

deve infatti avvenire nell'istante preciso in cui l'indicatore è sul bersaglio. Questa modalità può risultare talmente ansiogena da non poter essere utilizzata con certi soggetti.

Per questi motivi, se le capacità motorie lo permettono, sono sempre preferibili i sistemi a scansione manuale, con più tasti o sensori. Essi sono più veloci perchè eliminano il tempo di attesa della scansione automatica e, adottando un sistema di esplorazione attiva dell'ambiente, sono molto più gratificanti e coinvolgenti.

### **Scansione Semiautomatica**

È una variante della modalità manuale; in genere richiede l'uso di due pulsanti. L'utente tiene premuto il sensore e, finché viene praticata la pressione, l'indicatore procede automaticamente; il rilascio lo blocca. Il secondo sensore serve per la conferma.

### **Scansione Inversa**

In questa modalità finché dura la pressione l'indicatore procede; il rilascio provoca il blocco. Dopo un tempo programmato la selezione avviene in modo automatico (scansione semiautomatica con conferma automatica). Se l'utente sbaglia e blocca l'indicatore su di un bersaglio errato deve ripremere il pulsante prima che scada il tempo programmato per la selezione.

Il vantaggio di questa scansione è quello di richiedere meno movimenti possibili al disabile.

### **Scansione a Ritroso**

La scansione è simile a quella automatica, con la differenza che l'indicatore luminoso si muove a una velocità molto alta. L'utente cerca di attivare il sensore non appena il simbolo desiderato è stato evidenziato. Così facendo ci si avvicina all'oggetto voluto; a questo punto la scansione si ferma e procede a ritroso più lentamente, in modo da permettere al disabile di fare la sua scelta correttamente.

Questo metodo è utile per tutti coloro che hanno difficoltà nel selezionare in tempo il simbolo evidenziato o che riescono a farlo ma con una velocità di scansione molto bassa e quindi dopo lunghi tempi.

### **4.2.3 Metodi di scansione**

Una seconda caratteristica che contraddistingue le tecniche di scansione è il metodo con cui si scansiona l'insieme degli elementi da selezionare,

ossia come i simboli o gruppo di simboli sono evidenziati durante la scansione. A differenza delle modalità di controllo che definiscono come l'indicatore luminoso è mosso dal sensore, i metodi di scansione si riferiscono al modo con il quale l'indicatore si muove lungo la matrice di selezione [22, 45].

### **Scansione Lineare**

Nella scansione lineare le possibili scelte sono presentate tutte in modo sequenziale, una dopo l'altra. La scansione passa in rassegna tutti i bersagli (parte dal primo e arriva fino all'ultimo). In genere è possibile programmare diversi cicli: se ad esempio ne vengono programmati due, quando l'indicatore giunge al termine della matrice, se non è stato selezionato nessun elemento, riparte dall'inizio una seconda volta per permettere all'utente di avere una seconda possibilità se durante il primo si è distratto oppure non ha fatto in tempo a selezionare il bersaglio prescelto.

Le scansione automatica lineare è il metodo di scansione più semplice (l'utente deve solo premere il sensore quando appare il simbolo che interessa), ma anche il più lento. Può essere velocizzata, almeno in una prima fase, riducendo il numero di scelte possibili.

### **Scansione a Sottogruppi**

Nella scansione a sottogruppi le scelte vengono raggruppate in blocchi: prima si seleziona l'insieme nel quale è inserito l'obiettivo (scansione per gruppi), poi si agisce al suo interno per selezionare l'obiettivo (scansione per simboli all'interno del gruppo). In genere questi programmi sono organizzati per righe e colonne (prima si sceglie la riga, poi l'elemento all'interno di essa), ma esistono tante altre soluzioni possibili: scansioni secondo uno schema ad albero, successive divisioni in quarti di tabella, ecc.

I sistemi a sottogruppi sono più complessi rispetto alla scansione lineare, ma decisamente più veloci: consentono di diminuire in media i tempi di attesa necessari per raggiungere una cella, ma moltiplicano sia l'impegno motorio sia quello cognitivo che l'utente deve mettere in campo.

### **Scansione Riga-Colonna**

Per selezionare un elemento l'utente sceglie prima la riga contenente l'oggetto desiderato e poi l'elemento in questa riga, ossia la colonna.

Esistono parecchie varianti di questa scansione: banalmente si potrebbero scandire prima le colonne e poi le righe, oppure andare dal basso all'alto, ecc.

È uno dei metodi di scansione più usato negli ausili, data l'estrema facilità, ma allo stesso tempo si rivela essere uno dei più lenti, in quanto è necessario scandire buona parte della colonna nel caso serva un simbolo posto nella zona finale.

### **Scansione con Aggiornamento Automatico del Tempo di Delay**

La velocità con cui comunica un individuo, usando i metodi di scansione automatica tradizionali, con un singolo sensore, è fortemente dipendente dal tempo di scansione (tempo di delay), ossia dai secondi che impiega l'indicatore luminoso per passare da un simbolo al successivo.

Recentemente è stato sviluppato un metodo per l'aggiustamento in tempo reale di questo tempo di latenza [46], basandosi sulla valutazione di alcuni parametri che indicano la performance della scansione. In particolare misurando la frequenza degli errori di selezione, la frequenza delle selezioni mancate e il tempo impiegato nella selezione, si giunge rapidamente a determinare un tempo di scansione ottimale.

Ad esempio, l'algoritmo ideato presso la State University di Buffalo [46] fissa inizialmente questo tempo a 2 secondi. Dopo 20 selezioni viene adattato il tempo di delay nel seguente modo: si aumenta del 5% se sono stati scelti erroneamente più di due elementi, oppure se si sono ripetuti due o più cicli di scansione senza nessuna scelta. Altrimenti si diminuisce del 5%.

#### **4.2.4 Tecniche di predizione**

La scansione può essere fortemente supportata e potenziata dalle tecniche di predizione, grazie alle quali è possibile ridurre notevolmente i tempi di costruzione di una frase (studi in letteratura hanno mostrato un risparmio sul numero di attivazioni del sensore del 40%).

Le basi teoriche della predizione non sono recenti: Shannon, nel 1951, affermava già che “la probabilità che un specifico carattere compaia in un testo è fortemente dipendente dal carattere che lo precede”. Nonostante ciò sono tuttora materia di ricerca di parecchie università nuovi metodi e tecniche predittive.

Nel settore dell'Assistive Technology la quasi totalità dei sistemi di predizione riguarda la scrittura con codice alfabetico (predizione alfabetica [45]), molto rari sono invece i prodotti che offrono una predizione simbolica.

## Predizione alfabetica

Un sistema di predizione alfabetica non fa altro che ricevere in ingresso i caratteri inseriti attraverso la tastiera o altro sistema<sup>2</sup> e cercare di “indovinare” la parola che l’utente sta cercando di scrivere.

In particolare si possono avere dei sistemi di predizione dell’intera parola piuttosto che del singolo carattere. In quest’ultimo caso i caratteri verranno mostrati secondo un ordine che considera la probabilità di apparizione dei vari caratteri in base al testo immesso precedentemente. Questi sistemi aumentano la velocità di scrittura: se ben costruiti forniscono quasi sempre per prime le lettere giuste e si ha quasi l’impressione che il computer capisca di cosa si sta parlando.

Nel caso di sistema di word prediction vengono suggerite più parole in base alla tecnica impiegata.

- *Predizione statistica*: viene mantenuto un archivio di parole, assieme a un peso che identifica la frequenza relativa di quella parola rispetto a tutto il resto del vocabolario. È un metodo semplice, veloce, ma poco preciso.
- *Predizione sintattica debole*: il testo viene analizzato sintatticamente solo a livello di parola e avendo noto il tipo della parola precedente è possibile semplicemente assegnare una probabilità al tipo della parola successiva (ad esempio, dopo un articolo è molto probabile che ci sia un nome, e quindi “il cor” sarà più probabilmente “il corsaro” che “il correre”).
- *Predizione sintattica forte*: il testo viene analizzato rigorosamente per determinare il tipo della parola corrente, attraverso un processo di analisi sintattica con grammatiche. È un metodo che offre ottime prestazioni, ma ha lo svantaggio che il vocabolario deve essere completamente tipizzato.
- *Predizione semantica*: il sistema non solo controlla la grammatica, ma anche interpreta e “capisce” il senso di quello che l’utente sta scrivendo, comportandosi di conseguenza (variando il contesto, i pesi, la grammatica, ecc.).

---

<sup>2</sup>Nel caso di disabili motori, con gravi handicap che compromettono l’uso delle tastiere tradizionali o facilitate, è possibile utilizzare le cosiddette tastiere virtuali. A video viene mostrata una normale tastiera e i singoli tasti possono essere selezionati attraverso sensori e scansione oppure attraverso l’uso di sistemi di puntamento alternativi (v. sez. A.5).

## Predizione di simboli

Mentre in letteratura si possono trovare parecchie tecniche di predizione alfabetica, sono invece ancora poche le applicazioni informatiche di AAC che impiegano tecniche di predizione simbolica, nonostante sia riconosciuta l'efficacia e l'importanza di queste soluzioni.

Gli unici sistemi a predizione simbolica si possono trovare in alcuni tipi di VOCA<sup>3</sup> che offrono la possibilità di predire la sequenza dei tasti da premere durante la composizione della frase. Inizialmente sono illuminati solo i leds corrispondenti al disegno che permettono di cominciare la vocalizzazione di una frase. Una volta selezionato il primo simbolo si illuminano quei disegni che continuano o terminano la frase. Quando la predizione è attiva, durante la scansione sono selezionabili solo i simboli compresi nelle sequenze disponibili, incrementando notevolmente la velocità di vocalizzazione.

### 4.2.5 Sistema di scansione in Bliss2000

Bliss2000 è stato progettato nell'ottica di poter implementare la selezione dei simboli anche con accessi per disabili con gravi problemi motori; in particolare è stata pensata per l'attivazione di un meccanismo di scansione attivabile attraverso un'interfaccia da uno a sei sensori [33].

È stata implementata sia una scansione manuale che automatica a sottogruppi. Le tabelle di comunicazione sono di 9x9 pagine ognuna composta da 6x6 simboli, in questo modo si può accedere ad un simbolo attraverso due sequenze di scelte con struttura simile. Nella prima sequenza si individua la pagina contenente il simbolo attraverso quattro scelte successive fra tre settori via via concentrici. Una volta scelta la pagina si sceglie il simbolo all'interno della pagina, con altre 4 selezioni dello stesso tipo; le ultime due selezioni sono fra due settori e non tre, come nell'esempio della figura 4.1 dove si seleziona il simbolo evidenziato dalla freccia con la sequenza rosso-rosso-verde-verde.

In particolare la modalità di controllo della scansione dipende dall'interfaccia utilizzata, o meglio dal numero di sensori attivati:

- 1 tasto: il sistema scandisce i due o tre settori con un cursore che passa da uno all'altro in automatico (scansione automatica) con un intervallo regolabile di secondi; la pressione dell'unico tasto funge da conferma del settore al momento evidenziato;

---

<sup>3</sup>La descrizione di cosa sia un VOCA, con una panoramica di alcuni prodotti commerciali, è contenuta nella sezione A.3.

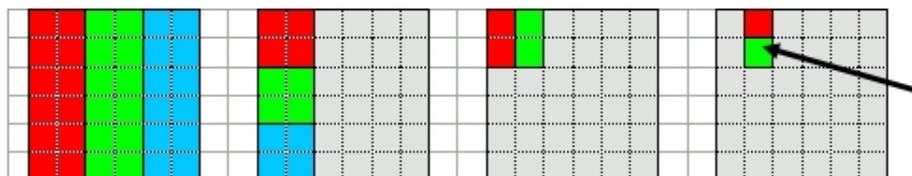


Figura 4.1: Scansione implementata in Bliss2000

- 2 tasti: funzionamento come con un tasto solo, solo che la scansione è manuale e viene attivata in seguito alla pressione di uno dei due tasti, al fine di adeguarsi meglio alla velocità dell'utente; all'inizio della selezione con i due tasti è possibile o attivare la scelta o cancellare l'ultimo simbolo inserito;
- 3 tasti: con tre tasti si può direttamente selezionare uno dei due o tre settori attraverso il tasto colorato come il settore; all'inizio della selezione con due dei tre tasti è possibile o attivare la scelta o cancellare l'ultimo simbolo inserito;
- 4 tasti: come con tre tasti, solo che il quarto tasto consente di annullare in ogni istante la selezione corrente;
- 5 tasti: come con quattro tasti con l'aggiunta della funzione di attivazione della sintesi vocale sul quinto tasto;
- 6 tasti: come con cinque tasti con l'aggiunta della funzione di commutazione fra la tabella utente e la tabella archivio sul sesto tasto.

### 4.3 Caratteristiche dell'Assistente Compositore

Come si è visto nella sezione precedente, la scansione automatica offre il vantaggio di essere una modalità che permette di ridurre il lavoro motorio da parte dell'utente, ma ha il grosso svantaggio di essere generalmente lunga. In particolare il sistema di scansione implementato in Bliss2000 si è rilevato piuttosto macchinoso: per selezionare un simbolo servivano, in media, 8 selezioni; quindi per una frase di media lunghezza (5-6 simboli) erano necessarie 50 selezioni. Questo, nell'ipotesi (piuttosto rara) che l'utente non commetta errori di scelta. In termini di tempo sono richiesti anche 5 minuti per costruire una semplice frase, cosa del tutto improponibile.

Per risolvere questo problema, nell'intento di velocizzare la costruzione e di conseguenza alleviare la fatica dell'utente, rendendolo più

autonomo nella composizione di una frase, si è pensato di rendere la scansione automatica “intelligente”, dando la possibilità di attivare, dall’ambiente “Opzioni”, l’Assistente Compositore.

L’Assistente Compositore, come spiega la parola stessa, ha l’obiettivo di assistere il soggetto disabile durante la composizione di una frase, semplificando il processo di selezione dei simboli. Si tratta di un sistema di predizione in grado di suggerire all’utente una serie di simboli come probabili prossime scelte da inserire nella frase. In altri termini, una volta selezionato un simbolo dalla tabella, verranno proposti un certo numero di simboli che potrebbero servire all’utente sulla base del simbolo scelto in precedenza. Ad esempio, dopo aver scelto il simbolo “mangiare” potrebbero essere proposti dei cibi oppure degli aggettivi di quantità.

I simboli suggeriti dipendono dall’ultimo simbolo selezionato, ma anche dalla storia passata dell’utente. L’Assistente Compositore infatti, pur avendo una propria configurazione iniziale, è in grado di adattarsi alle caratteristiche comunicative dell’utente, al suo stile di comunicazione, apprendendo col passare del tempo, o più precisamente, con l’aumentare dei testi composti.

L’Assistente Compositore può essere attivato anche senza la scansione automatica, abbinato alla modalità di input tastiera o mouse. In tal caso rappresenta comunque una potente soluzione in grado di ridurre i tempi di costruzione delle frasi.

#### **4.4 Analisi e specifica dei requisiti**

Descritte le caratteristiche generali dell’Assistente Compositore, in questa sezione vogliamo analizzare in dettaglio i requisiti che deve possedere questo sistema, sempre sulla base di quanto emerso nella fase di sperimentazione sul campo e dalla valutazione delle esigenze degli utenti (c.f.r. 3.4.1).

Un primo importante requisito che occorre precisare è il tempo di predizione, ossia l’intervallo di tempo impiegato dall’Assistente Compositore per fornire il nuovo elenco di suggerimenti. È ovvio che non possono passare più di 2-3 secondi dalla scelta di un simbolo, alla visualizzazione delle proposte dei nuovi simboli, perchè altrimenti si perderebbe l’efficacia dell’avere un Assistente Compositore. Diventa quindi indispensabile realizzare un sistema di predizione real-time.

Un altro requisito fondamentale è il numero massimo di simboli che può suggerire l’Assistente Compositore. Tale valore non può essere fissato casualmente o sulla base di semplici considerazioni progettuali o statistiche. Infatti, studi in letteratura [58], hanno evidenziato l’im-

portanza di fissare il limite di simboli proposti: un numero eccessivo di proposte sovraccaricherebbe l'utente, con la conseguente perdita di efficienza e tempo. Il soggetto impiegherebbe più tempo nello scorrere i vari suggerimenti che non i simboli direttamente contenuti nella tabella comunicativa. Pertanto, dopo esserci confrontati con ingegneri esperti di Assistive Technology e in particolare di software dedicati all'AAC, abbiamo deciso di fissare a 5 il numero massimo di simboli proponibili dall'Assistente Compositore. Questo numero può essere facilmente impostato dall'utente attraverso l'apposita funzione contenuta nell'ambiente "Opzioni".

Come già evidenziato nelle altre estensioni implementate nel sistema Bliss2003, non può essere trascurata l'interfaccia grafica dell'Assistente Compositore, che si deve inserire nel sistema senza troppi elementi di disturbo. Infatti, i programmi basati sulla predizione modificano continuamente la presentazione grafica sul video: questo può provocare caduta di attenzione, tensione emotiva e ansia per la necessità di scoprire di volta in volta il sistema di riferimento. Per evitare ciò, cogliendo i preziosi suggerimenti del personale medico specialistico, abbiamo deciso di lasciare intatta la zona centrale dell'interfaccia utente, dove compare la tabella (archivio o personale); mentre abbiamo riservato la zona sinistra dello schermo all'Assistente Compositore. I simboli vengono pertanto proposti in verticale, uno sotto l'altro, nella zona dedicata alla barra stile "Outlook" per il cambio degli ambienti. Così facendo, la presentazione in una zona diversa dalla tabella comunicativa costituisce un ambiente di lavoro più facilmente riconoscibile e gestibile, senza introdurre inutili stimoli di confusione.

Un ultimo requisito, che nasce dall'esigenza di persone che presentano minorazioni visive o difficoltà di fissazione oculare, consiste nell'abbinare all'Assistente Compositore un adeguato feedback uditivo. Il suono, che accompagna la selezione delle celle durante la scansione o la loro attivazione mediante tastiera/mouse, può andare dal semplice beep a interi messaggi in voce sintetica che leggono il significato del simbolo<sup>4</sup> selezionato.

## 4.5 Principi di funzionamento

Dallo studio condotto su una vasta raccolta di frasi prodotte da diversi disabili verbali che comunicano col Bliss, si può concludere che, nonostante non si abbia una struttura sintattica simile a quella di una frase in italiano, in genere vengono costruite frasi semplici. Questo com-

---

<sup>4</sup>A tal proposito si consulti la sezione 5.3 dedicata alla sintesi vocale in aiuto alla selezione.

porta, dal punto di vista del modello<sup>5</sup> su cui si basa l'Assistente Compositore un accorgimento di notevole importanza: un simbolo viene suggerito sulla base del simbolo precedentemente selezionato, senza considerare quelli scelti in precedenza. Ossia, il simbolo suggerito al tempo  $t$  dipende solo dal simbolo scelto al tempo  $t - 1$ . In termini probabilistici tutto ciò si traduce asserendo che il passo di predizione è uguale a 1.

#### 4.5.1 Modello Probabilistico

L'Assistente Compositore, come sistema di predizione, poggia le proprie fondamenta su un modello probabilistico che, combinato con tecniche di apprendimento e algoritmi di intelligenza artificiale, permette di fornire una previsione dei simboli intelligente, efficiente e personalizzata per ogni singolo utente. Viste le esigenze richieste al nuovo sistema di scansione è stato necessario individuare un modello statistico adatto alla nostra particolare applicazione, che avesse come requisiti la semplicità (per quanto riguarda l'uso e l'implementazione), la robustezza e fosse corredato di librerie software facilmente estendibili.

Tra i molteplici strumenti matematici in questione (reti neurali, reti Bayesiane dinamiche, alberi di Boltzmann, ecc.) ci siamo orientati verso la classe degli Hidden Markov Models<sup>6</sup> (HMM), in quanto offrono una serie di vantaggi non sempre riscontrabili negli altri modelli:

**semplicità del modello:** dovuta al fatto che, essendo un modello grafico, esprime in modo intuitivo e immediato le relazioni esistenti;

**esistenza di algoritmi e librerie:** essendo uno strumento su cui si lavora da tempo (è stato introdotto e studiato a partire dalla fine degli anni '60), sono facilmente reperibili librerie con implementazioni dei principali algoritmi teorici, in diversi linguaggi di programmazione.

In quanto segue proponiamo una serie di considerazioni che ci hanno portato a definire il modello di predizione; nel far questo ripercorriamo come tale modello è stato cambiato a partire dalla prima bozza di progetto.

La prima bozza del modello che abbiamo realizzato prevedeva 6 stati, coincidenti con le 6 categorie di simboli Bliss (avverbi, persone,

---

<sup>5</sup>Una descrizione dettagliata del modello probabilistico su cui si fonda l'Assistente Compositore è contenuta nella sezione 4.5.1.

<sup>6</sup>Per i dettagli si consulti l'appendice B.1 di questa tesi.

aggettivi, verbi, sostantivi, punteggiatura), per ognuno dei quali esiste una serie di possibili simboli, coincidenti con i vari simboli Bliss, con associata una probabilità di emissione.

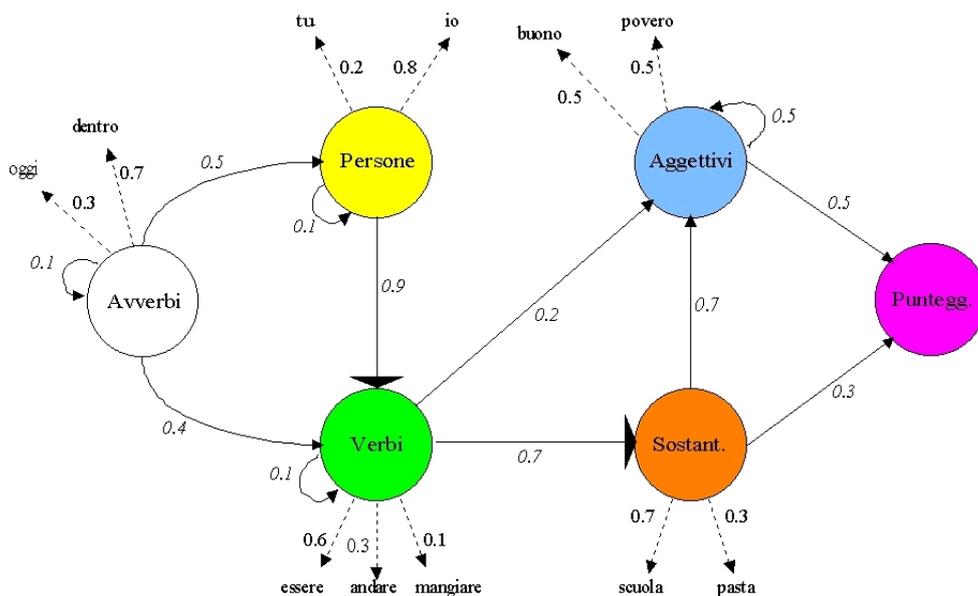


Figura 4.2: HMM classico con un esempio di possibile distribuzione di probabilità

Analizzando in dettaglio la struttura e il funzionamento di tale classe di modelli, appare evidente un limite che per la nostra applicazione rappresenta uno scoglio non indifferente: l'indipendenza tra due simboli in successione dato lo stato attuale.

Gli HMM sono infatti una classe di strumenti matematici che descrivono sistemi dinamici in cui stati e osservazioni consistono in processi aleatori di cui non è possibile un'osservazione diretta dello stato corrente. Gli HMM sono essenzialmente una estensione dei classici modelli di Markov; la teoria portante è quella Markoviana e pertanto si basano sull'assunzione che valga la proprietà di Markov del primo ordine: la probabilità che il sistema si trovi in un certo stato, dipende solo dallo stato corrente e da quello immediatamente precedente e non da tutta la storia passata.

Per come sono strutturati gli HMM, viene inoltre introdotto il seguente vincolo: la probabilità di emissione di un simbolo (o la probabilità di transizione da uno stato a un altro, fig. 4.4) è indipendente dal simbolo emesso in precedenza (fig. 4.3). Questo comporta che l'emissione di un simbolo sia legata solo allo stato in cui ci si trova e non al

simbolo precedentemente emesso.

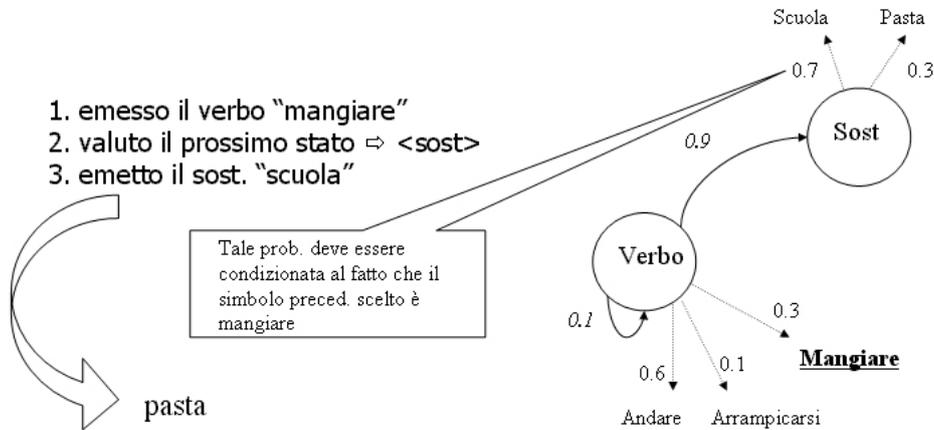


Figura 4.3: Esempio di indipendenza della probabilità di emissione

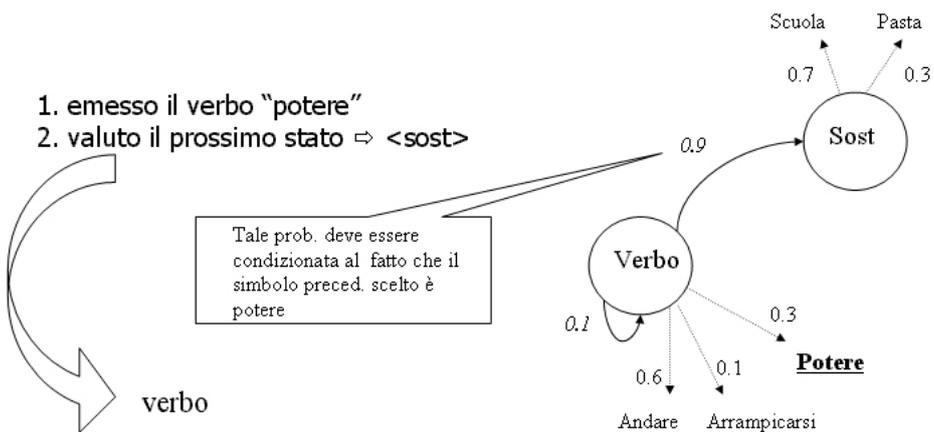


Figura 4.4: Esempio di indipendenza della probabilità di transizione

Questo è un limite notevole per la nostra applicazione, in quanto il modello da noi cercato dovrebbe far sì che la probabilità di emissione sia condizionata allo stato in cui ci si trova (categoria), ma anche al simbolo emesso in precedenza. Sia  $O_t$  il simbolo emesso all'istante di tempo  $t$ :

$$\begin{aligned}
 P(O_1 = A, O_2 = B, O_3 = C) &= P(O_3 = C | O_1 = A, O_2 = B) \times \\
 &P(O_2 = B | O_1 = A) \times \\
 &P(O_1 = A)
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Pertanto l'HMM classico (esistono parecchie varianti in letteratura) non è adeguato per il nostro caso applicativo. O meglio, ci permetterebbe di realizzare una scansione intelligente, ma con una predizione non molto efficiente, offrendo una performance non accettabile.

L'alternativa che sicuramente permetterebbe un'ottima predizione, a discapito però della complessità di calcolo, è quella di stimare tutte le probabilità condizionate di un simbolo con gli altri simboli, ottenendo così un HMM "fully-connected", ossia un modello probabilistico completo con la connessione di tutti i simboli Bliss, in modo da ottenere, dati  $N$  simboli, un insieme di  $N \times N$  probabilità:

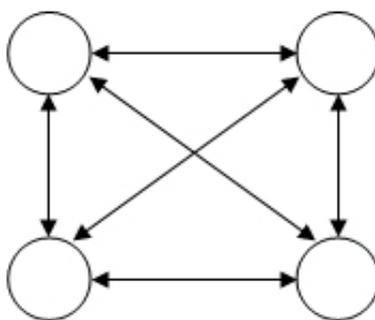


Figura 4.5: HMM fully-connected

Con tale modello si risolverebbe il problema dell'indipendenza, dato che si avrebbero immediatamente una serie di probabilità del tipo:  $P(\text{Pasta}|\text{Mangiare})$ ,  $P(\text{Pasta}|\text{Andare})$ ,  $P(\text{Pasta}|\text{Arrampicarsi})$ , ecc.  $P(\text{Mangiare}|\text{Pasta})$ ,  $P(\text{Mangiare}|\text{Andare})$ , ecc., se abbiamo la dipendenza solo con l'ultimo simbolo scelto; oppure  $P(\text{Pasta}|\text{Andare}, \text{Mangiare})$ , ecc., se abbiamo dipendenza con gli ultimi due simboli scelti, ecc., e così via.

Nel caso ci interessi solo la dipendenza con l'ultimo simbolo scelto si avrebbe una tabella del seguente tipo:

	1. Pasta	2. Mangiare	3. Andare	...	N. ...
1. Pasta	0.1	0.4	0.2		...
2. Mangiare	...				
3. Andare					
...					
N. ...					

Tabella 4.1: Tabella probabilità HMM fully-connected

dove  $N$  è il numero di simboli Bliss. Si avrebbe così un numero di probabilità e una complessità computazionale dell'ordine di  $N^2$ . Se invece ci interessa la dipendenza con gli ultimi  $n$  simboli emessi, avremmo una tabella  $n$ -dimensionale con conseguente complessità dell'ordine di  $N^{n+1}$ , cosa non accettabile, sia a causa della complessità spaziale che della complessità temporale di ordinamento di tutte le probabilità.

Abbiamo allora cercato una soluzione che fosse una via di mezzo tra i due estremi sopra esposti. L'idea è quella di utilizzare sempre un HMM ma in cui non si abbiano solo 6 stati (1 per categoria), ma 6 macrostati ideali rappresentanti le categorie, ognuno dei quali contiene delle sottocategorie specialistiche che costituiranno gli stati del modello. In questo modo si ridurrebbe la complessità del modello: si passerebbe da  $N^2$  a  $n^2 + n$ , con  $n \ll N$ .

Si è quindi analizzato semanticamente il dizionario dei circa 1900 simboli, presente nel sistema Bliss2000 e ufficializzato dal BCI di Toronto, individuando, con l'aiuto di specialisti del settore riabilitativo ed esperti di AAC, una serie di sottocategorie abbastanza generiche, in quanto una suddivisione troppo specialistica avrebbe potuto generare un fenomeno di overfitting<sup>7</sup> oltre a un problema di esplosione computazionale.

Per effettuare tale classificazione è stato utilizzato il formalismo delle reti semantiche<sup>8</sup> tenendo però presente non solo la semantica dei vari simboli, ma anche la connessione logica che esiste tra due categorie (es. ha senso avere una sottocategoria "cibo" in quanto esiste un legame con la sottocategoria di verbi "nutrimento", non è invece utile una sottocategoria "animali" in quanto non si collega a priori con altre sottocategorie).

Riportiamo di seguito (figg. 4.6 - 4.11) gli schemi grafici delle reti semantiche progettate, con il numero di simboli Bliss appartenenti ad ogni sottocategoria (occorrenze), e successivamente lo schema dell'HMM risultante dalla suddivisione in sottocategorie.

Da un'analisi approfondita del modello si è notato che permangono comunque dei problemi di completezza nella prevedibilità di tutti i pos-

---

<sup>7</sup>In Machine Learning, tale termine è usato per indicare un fenomeno che si verifica quando un sistema spiega molto bene i dati a sua disposizione, ma non riesce a spiegare nuovi dati diversi da quelli che aveva inizialmente, non è così in grado di generalizzare.

<sup>8</sup>Sono un formalismo che permette di esprimere la conoscenza in modo dichiarativo, cioè in modo completamente indipendente da come si userà la conoscenza rappresentata. Sono un sottoinsieme della logica predicativa del I° ordine e vengono rappresentate con un grafo costituito da nodi (concetti, individui, ecc.) ed archi (relazioni binarie fra entità). Sono state spesso proposte come modello della memoria umana e largamente utilizzate per la comprensione del linguaggio naturale. Originariamente, nascono come un modo di rappresentare il significato delle parole di un linguaggio naturale [82] e di seguito estese a poter rappresentare gli enunciati.

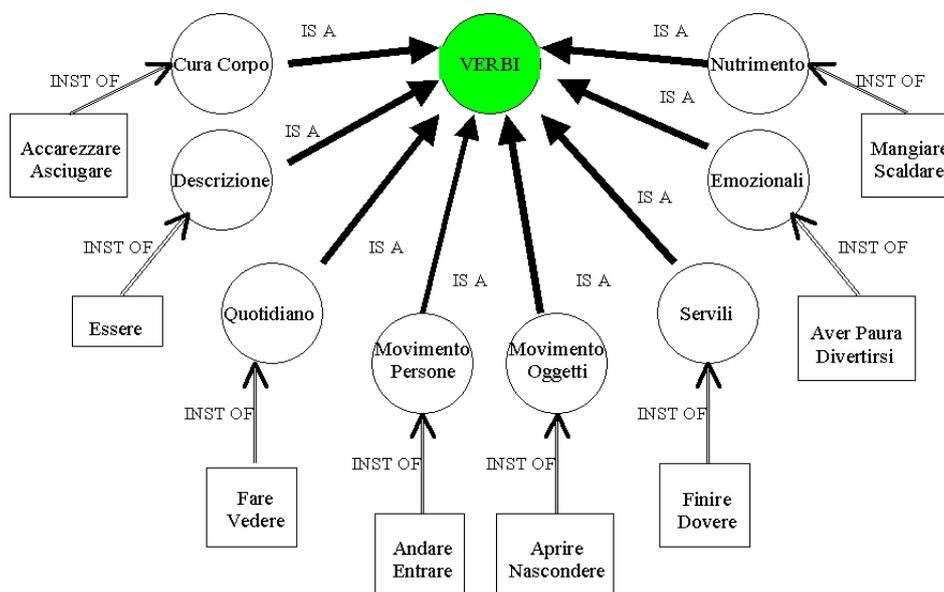


Figura 4.6: Rete semantica della categoria Verbi

V E R B I	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Movimento Persone	23
Movimento Oggetti	15
Cura Corpo	16
Descrizione	3
Quotidiano	10
Servili	7
Emozionali	7
Nutrimento	33
Altro	180
<b>Totale</b>	<b>293</b>

Tabella 4.2: Sottocategorie nella rete semantica Verbi

sibili link che possono esserci tra le varie sottocategorie in quei casi particolari in cui un simbolo, pur appartenendo a una certa sottocategoria, debba essere seguito da un simbolo non contenuto nelle sottocategorie connesse alla precedente, per il semplice fatto che non era emerso nessun legame dall'analisi semantica effettuata a tavolino. La soluzione auspicabile sarebbe quella di un HMM, con queste sottocategorie, ma fully-connected.

Sebbene tale via sembri, a prima vista, offrire solo dei vantaggi, in

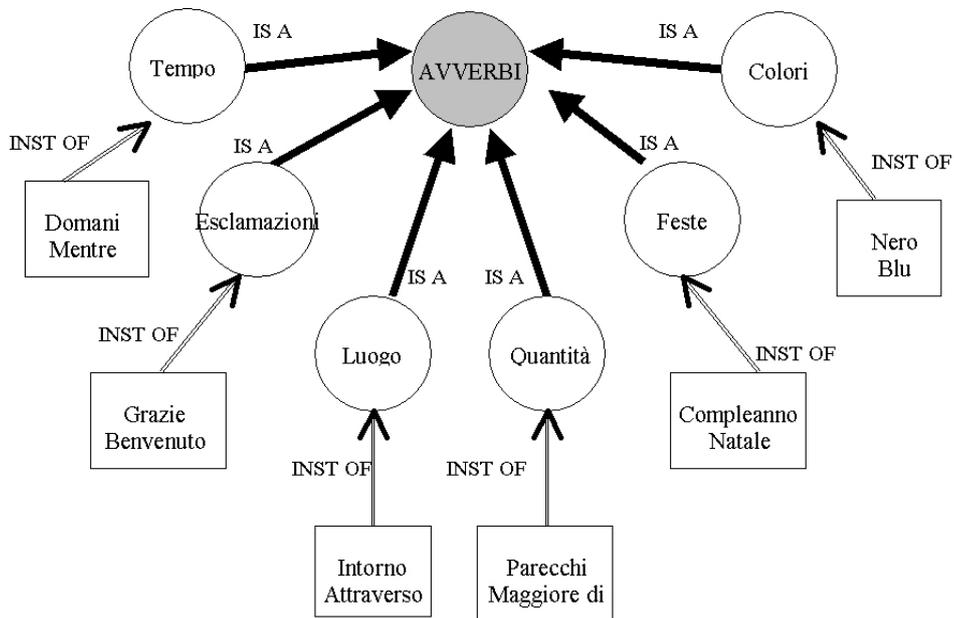


Figura 4.7: Rete semantica della categoria Avverbi

A V V E R B I	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Tempo	67
Esclamazioni	12
Luogo	28
Quantità	17
Feste	12
Colori	23
Altro	20
<b>Totale</b>	<b>180</b>

Tabella 4.3: Sottocategorie nella rete semantica Avverbi

realtà presenta un trade-off che occorre valutare attentamente: da un lato, rispetto all'HMM fully-connected (cfr.fig. 4.5) quello con sottocategorie (fig. 4.12) permette di limitare il numero di link, in quanto non si connetterebbero i simboli ma le sottocategorie, che sono in numero notevolmente inferiore. Inoltre, per quanto riguarda la complessità, dal momento in cui l'Assistente Compositore suggerirà al massimo 4-5 simboli, non si tratta di riordinare un vettore di 1900 elementi, ma è sufficiente trovare i 4-5 elementi con associata la più grande probabilità. Si otterrebbe così una complessità lineare e non più quadratica

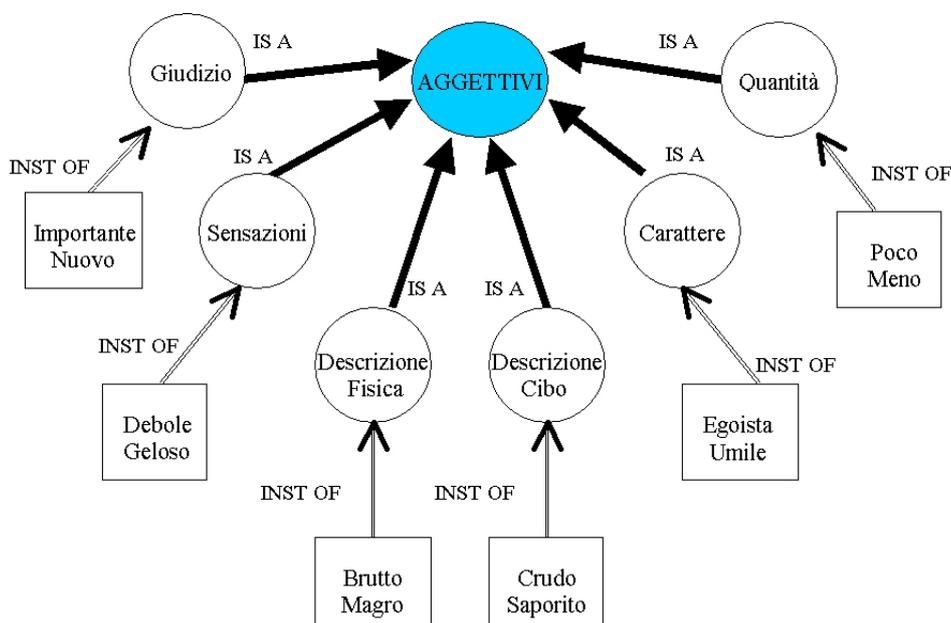


Figura 4.8: Rete semantica della categoria Aggettivi

A G G E T T I V I	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Giudizio	29
Carattere	18
Descrizione Fisica	33
Descrizione Cibo	17
Quantità	13
Sensazioni	29
Altro	52
<b>Totale</b>	<b>180</b>

Tabella 4.4: Sottocategorie nella rete semantica Aggettivi

(per ipotesi si fa dipendere la probabilità di emissione di un simbolo solo da quello emesso in precedenza). Nell'esempio che segue si riporta un vettore di 11 elementi con i passaggi necessari per ottenere un ordinamento decrescente dei 4 elementi più grandi<sup>9</sup>.

<sup>9</sup>In corsivo sono riportati gli elementi che sono stati spostati nell'ultimo passaggio.

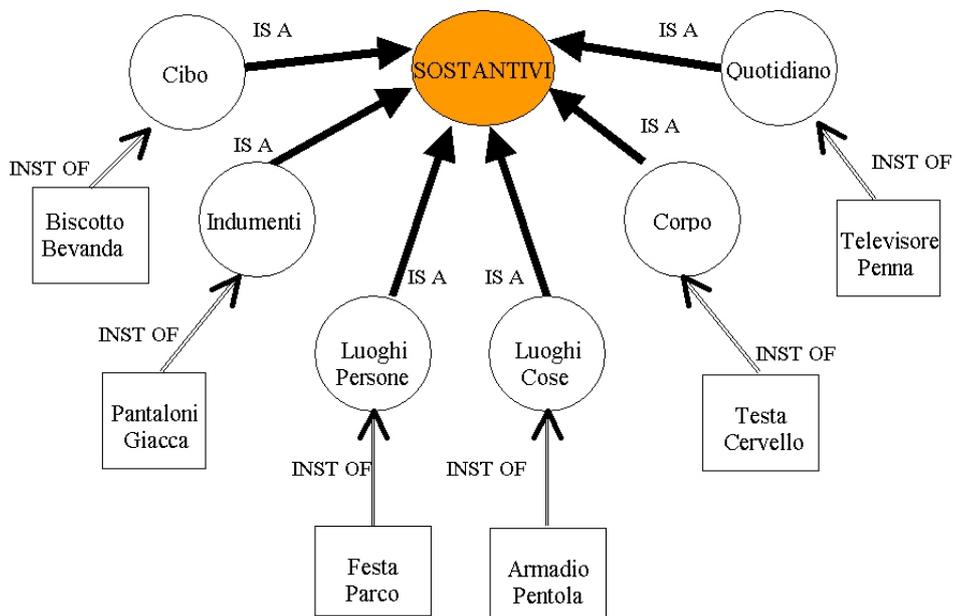


Figura 4.9: Rete semantica della categoria Sostantivi

S O S T A N T I V I	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Cibo	141
Indumenti	38
Corpo	47
Quotidiano	26
Luoghi Persone	110
Luoghi Cose	22
Altro	600
<b>Totale</b>	<b>1008</b>

Tabella 4.5: Sottocategorie nella rete semantica Sostantivi

P E R S O N E	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Possesso	16
Parenti	47
Professione	38
Altro	51
<b>Totale</b>	<b>150</b>

Tabella 4.6: Sottocategorie nella rete semantica Persone

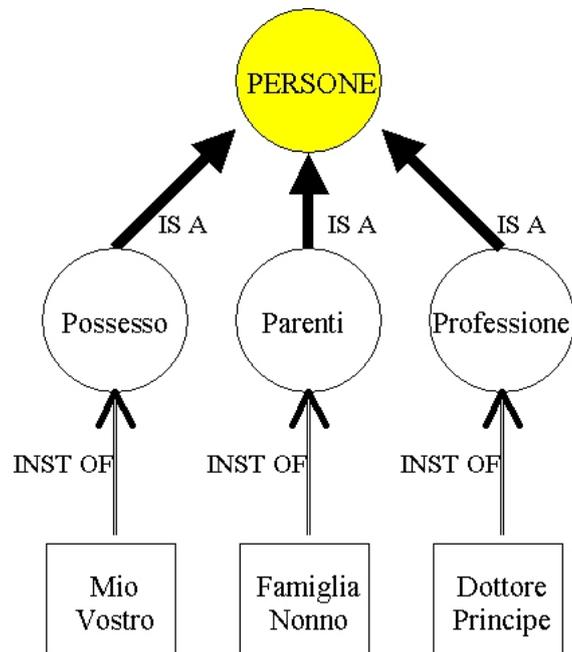


Figura 4.10: Rete semantica della categoria Persone

PUNTEGGIATURA	
SOTTOCATEGORIA	OCCORRENZE
Domanda	13
Altro	23
<b>Totale</b>	<b>36</b>

Tabella 4.7: Sottocategorie nella rete semantica Punteggiatura

$$O(N) \left\{ \begin{array}{l} 7345|1265783 \\ 754\beta|1265783 \\ 7654|1235783 \\ 7655|1234783 \\ 7765|1234583 \\ 8776|1234553 \end{array} \right.$$

Dall'altro lato, però, il modello così ottenuto è molto lontano dai classici HMM, con la conseguenza di non essere molto semplice e di immediata implementazione, anche perchè non si avrebbero a disposizione librerie software per una implementazione semplice. Inoltre non bisogna dimenticare che la complessità non sarebbe più lineare nel mo-

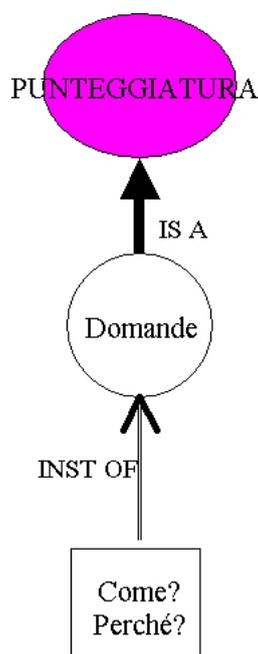


Figura 4.11: Rete semantica della categoria Punteggiatura

mento in cui un simbolo dipendesse non solo dall'ultimo scelto, ma dagli ultimi  $n$ .

Alla luce di questo trade-off si è preferito non implementare tale modello, poichè non risolverebbe comunque il problema principale: il vero limite, infatti, resta l'impossibilità di far dipendere la probabilità di emissione di un simbolo da quello selezionato in precedenza. Dall'analisi semantica fatta, emerge che all'interno di una sottocategoria alcuni simboli possono essere seguiti solo da certi simboli della sottocategoria connessa. Ad esempio: il verbo salire non potrà essere abbinato semanticamente a tutti i sostantivi di luogo, ma solo a quelli che prevedono un atto simile.

Come si vede in figura 4.13 la probabilità di emissione di un luogo è indipendente dal verbo di movimento scelto in precedenza. Si ripresenta quindi il problema del condizionamento dell'emissione di un simbolo sulla base di quello osservato precedentemente. L'ideale sarebbe avere un modello del tipo riportato in figura 4.14.

Ci siamo quindi orientati verso un'altra variante degli HMMs, che più facilmente permettesse di condizionare la probabilità di emissione di un simbolo con l'ultimo emesso. Il nuovo modello adottato è noto

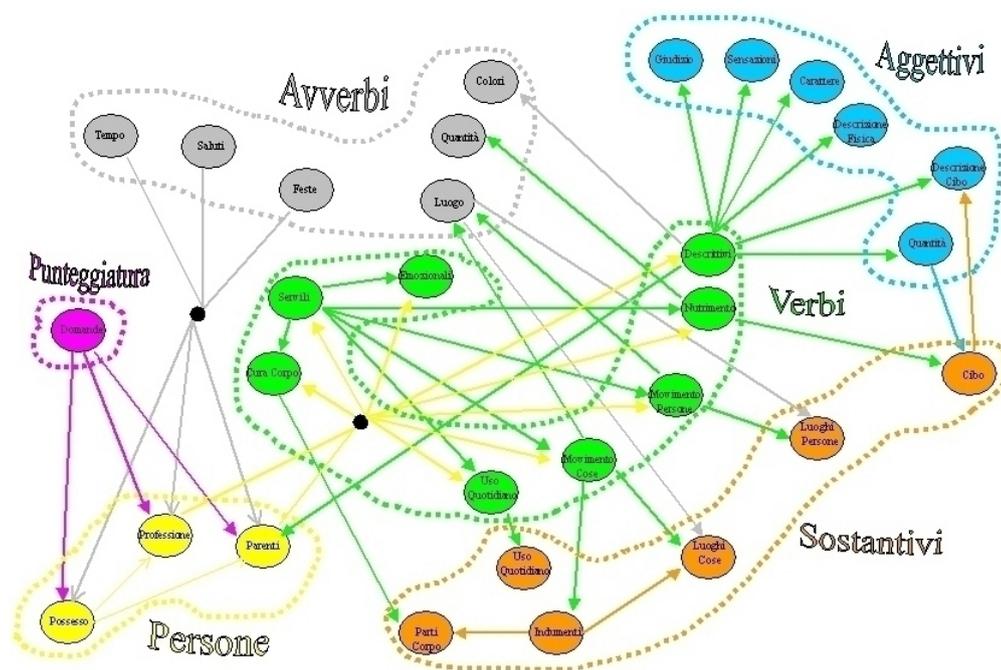


Figura 4.12: HMM con sottocategorie

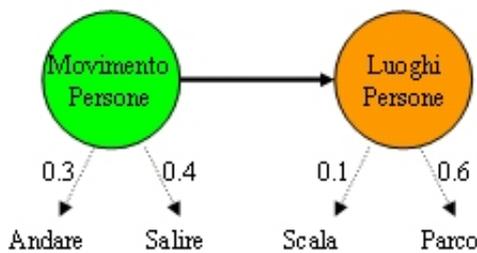


Figura 4.13: Connessione tra due sottocategorie senza dipendenza dall'ultimo simbolo

come AutoRegressive Hidden Markov Model<sup>10</sup> (AR-HMM), che è un HMM eccetto per il fatto che l'uscita dipende non solo dallo stato in cui ci si trova, ma anche dall'uscita precedente, attraverso un modello di regressione.

In questo modo si supera il grosso limite imposto dagli HMMs, complicando di poco il modello e avendo sempre a disposizione una serie di

<sup>10</sup>In letteratura si può trovare indicato anche come Hidden Filter Hidden Markov Model (HFHMM), sulla base dei primi studi che furono fatti da Poritz [78].

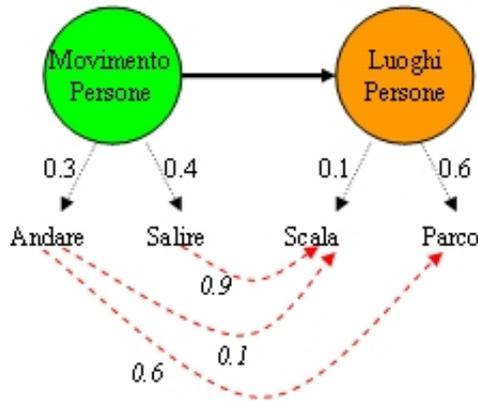


Figura 4.14: Connessione tra due sottocategorie con dipendenza dall'ultimo simbolo

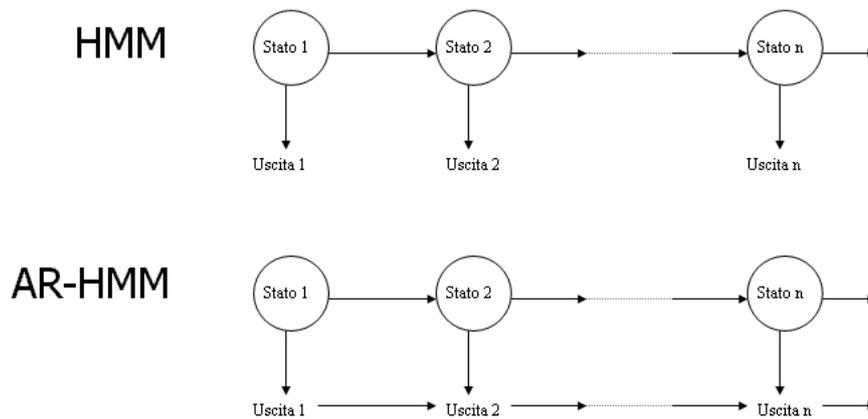


Figura 4.15: Confronto tra HMM (sopra) e AR-HMM (sotto)

librerie standard per la sua implementazione, previo piccole modifiche per l'adattamento alla nostra applicazione. Gli AR-HMMs sono una classe speciale degli Hidden Markov Models Gaussiani continui, per capirne il funzionamento diamo ora una breve descrizione formale<sup>11</sup>. Consideriamo un vettore delle osservazioni  $O = [o(0), o(1), \dots, o(K - 1)]$ , ossia una storia degli ultimi  $K$  simboli emessi, con funzione di densità di probabilità Gaussiana di ordine  $P$ . Di conseguenza le singole osservazioni sono così correlate (eq. 4.2):

<sup>11</sup>Per i dettagli si consulti l'appendice B.2 di questa tesi.

$$o(k) = - \sum_{i=1}^P a_i o(k-i) + w(k) \quad (4.2)$$

dove  $w(k)$ , con  $k = 0, 1, \dots, K-1$ , sono variabili casuali indipendenti con distribuzione Gaussiana di media 0 e varianza  $\sigma_w^2$ ;  $a_i$ , con  $i = 1, 2, \dots, P$ , sono i coefficienti di predizione o di autoregressione.

Nel nostro caso facciamo dipendere la probabilità di emissione di un simbolo solo dall'ultimo simbolo scelto, quindi  $P = 1$ , in quanto, come descritto in precedenza, si è osservato che gli utenti Bliss compongono frasi semplici e quindi abbiamo ritenuto essere poco utile implementare un modello di predizione che tenesse conto degli ultimi  $n$  (con  $n > 1$ ) simboli emessi. In questo caso infatti si complicherebbe inutilmente il modello, con notevoli ripercussioni in termini di complessità di calcolo, con conseguente rallentamento del sistema di predizione e senza un reale beneficio in termini di prestazioni. Pertanto la relazione che lega un simbolo emesso all'istante  $k$  si semplifica così:

$$o(k) = -a_1 o(k-1) + w(k) \quad (4.3)$$

A questo punto la probabilità del vettore delle osservazioni è il prodotto delle probabilità condizionali e per  $K$  grande si può dimostrare che la funzione di densità per  $O$  è approssimativamente:

$$f(O) = (2\pi\sigma^2)^{-\frac{K}{2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}\delta(O,a)} \quad (4.4)$$

dove

$$\delta(O, a) = r_a(0)r(0) + 2 \sum_{i=1}^P r_a(i)r(i) \quad (4.5)$$

con  $r(i)$  che rappresenta l'autocorrelazione dei campioni osservati e  $r_a(i)$  che rappresenta l'autocorrelazione dei coefficienti autoregressivi.

Il problema dell'adozione di questo modello, per il nostro caso applicativo, risiede nella distribuzione associata alle osservazioni che per definizione, negli AR-HMM, è di tipo continuo e Gaussiano<sup>12</sup>. Infatti, nella nostra applicazione, le osservazioni coincidono con una serie di simboli Bliss, per cui è necessaria una distribuzione di probabilità discreta multinomiale.

In particolare, a noi interessa la probabilità di avere in uscita l'osservazione  $O_i$ , dato che sono nello stato  $S_i$  e che l'ultimo simbolo osservato è stato  $O_{i-1}$ :

$$P(O_i|S_i, O_{i-1})$$

---

<sup>12</sup>Gli AR-HMM sono infatti molto usati, in Intelligenza Artificiale, per applicazioni riguardanti il riconoscimento del parlato e per altri tipi di segnali continui.

Chiamiamo questo nuovo modello Discrete Autoregressive Hidden Markov Model (DAR-HMM).

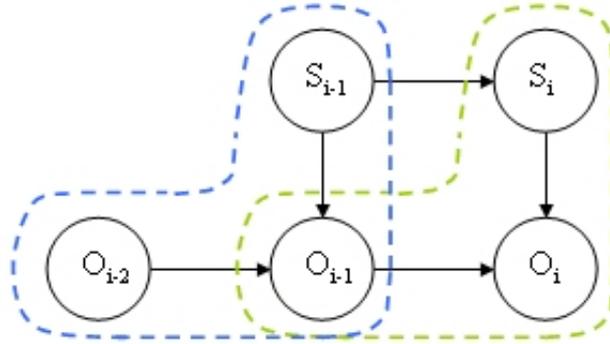


Figura 4.16: DAR-HMM compatto

Per capire esattamente come funziona il modello adottato, è utile fornire una descrizione formale e dettagliata dei vari componenti<sup>13</sup>, per poi elencare i passi che portano alla generazione di un simbolo.

Sia

- $S \triangleq \{s_i\}$ , insieme dei possibili stati
- $N = |S|$ , numero di stati (sottocategorie)
- $V \triangleq \{v_j\}$ , insieme dei possibili simboli osservabili
- $M = |V|$ , numero di simboli
- $V^{(i)} = \{v_k^{(i)}\}$ , insieme dei possibili simboli osservabili dato uno stato  $i$

$$\Rightarrow V = \bigcup_{i=1}^N V^{(i)}$$

- $M^{(i)} = |V^{(i)}|$ , numero di simboli osservabili dato uno stato  $i$
- $Q(t)$ , stato del sistema nell'istante  $t$ ,  $Q(t) \in S$
- $O(t)$ , simbolo osservato nell'istante  $t$ ,  $O(t) \in V$
- $\pi_i(t) = P(Q(t) = s_i)$

<sup>13</sup>La simbologia adottata prende spunto da quella introdotta da Rabiner [83], uno dei padri degli HMMs.

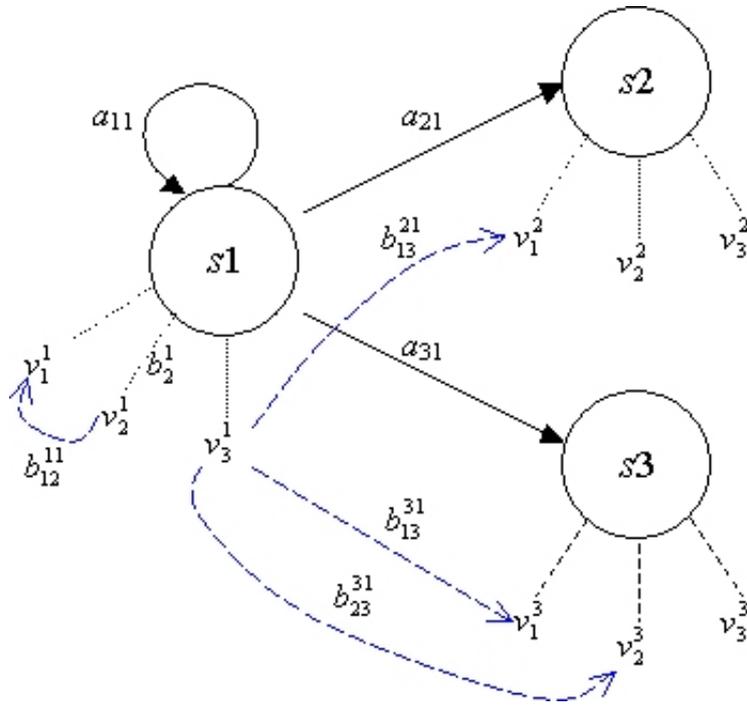


Figura 4.17: DAR-HMM

- $\Pi^t[N]$ , vettore delle probabilità di stato all'istante  $t$
- $a_{ii'} = P(Q(t+1) = s_i | Q(t) = s_{i'})$
- $A[N][N]$ , matrice di transizione degli stati
- $b_{kk'}^{ii'} = P(O(t) = v_k^{(i)} | Q(t) = s_i, O(t-1) = v_{k'}^{(i)})$
- $b_k^i = P(O(0) = v_k^{(i)} | Q(0) = s_i)$
- $B[N][M][M+1]$ , matrice di emissione

Pertanto la struttura dati del modello è così costituita:

- $\Pi^t[N]$ , vettore delle probabilità di stato all'istante  $t$
- $A[N][N]$ , matrice di transizione degli stati
- $B[N][M][M+1]$ , matrice di emissione

Soffermiamoci sulla matrice  $B$  che è di fondamentale importanza, dato che ingloba il meccanismo di autoregressione, facendo direttamente dipendere l'emissione di un simbolo da quello che è stato emesso

all'istante precedente. Infatti, la terza dimensione permette di selezionare una matrice bidimensionale sulla base del simbolo scelto in precedenza. Si hanno quindi  $M + 1$  possibili matrici, in quanto all'inizio, quando non è ancora stato emesso nessun simbolo, non si ha alcuna dipendenza. Scelto il piano si ottiene una matrice che indica, per ogni stato, la probabilità di osservare un certo simbolo (fig. 4.18). La singola cella rappresenta pertanto

$$b_{kk'}^{ii'} = P(O(t) = v_k^{(i)} | Q(t) = s_i, O(t-1) = v_{k'}^{(i')})$$

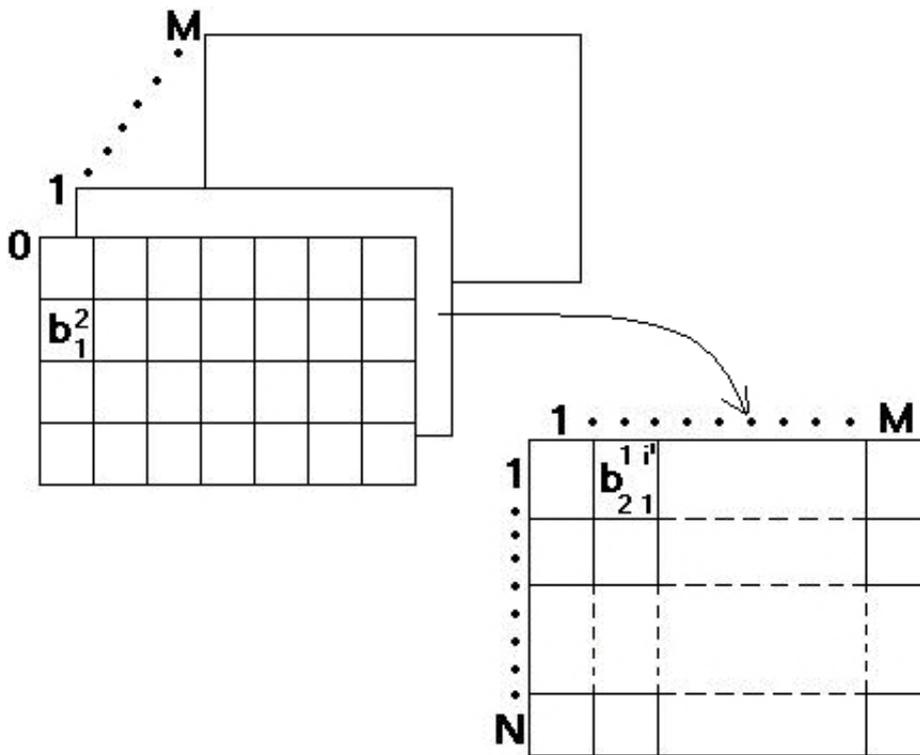


Figura 4.18: Matrice di emissione

A prima vista tale matrice può sembrare occupare un'eccessiva quantità di memoria: essendo  $N = 30$  sottocategorie,  $M = 1900$  simboli circa, risulterebbe una matrice enorme (circa 430 Mbytes). In realtà, per come è fatta, la  $B$  risulta essere una matrice sparsa<sup>14</sup> in quanto in uno stato non sono osservabili tutti i possibili  $M^{(i)}$  simboli, ma solo una piccola parte. Si possono quindi applicare tutte le tecni-

<sup>14</sup>Si definisce sparsa una matrice  $N \times N$  con un numero di elementi diversi da 0 dell'ordine di  $N$  e non disposti secondo una particolare struttura.

che di calcolo numerico più opportune per semplificarla e per rendere la computazione più efficiente<sup>15</sup>.

Vediamo a questo punto come avviene la generazione di un simbolo, che il sistema proporrà poi all'utente come il primo di quelli più probabili:

**emissione del primo simbolo di una sequenza :**

viene scelto

$$O(0) = v_k^{(i)} = \arg \max_{1 \leq i \leq N \wedge 1 \leq k \leq M^{(i)}} P(O(0) = v_k^{(i)} | \lambda)$$

dove tale probabilità è calcolata facendo uso dell'algoritmo di forward-backward<sup>16</sup>:

$$P(O(0) = v_k^{(i)} | \lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(0) = \sum_{i=1}^N \pi_i(0) b_k^i \quad (4.6)$$

Dal punto di vista computazionale si tratta di un prodotto vettore-matrice, il vettore risultante sarà il predittore, che una volta riordinato (è sufficiente ordinare i primi 4 elementi) fornirà i simboli più probabili che l'Assistente Compositore suggerirà all'utente.

**emissione del  $t$ -esimo simbolo di una sequenza :**

viene scelto

$$O(t) = v_k^{(i)} = \arg \max_{1 \leq i \leq N \wedge 1 \leq k \leq M^{(i)}} P(O(t) = v_k^{(i)}, Q(t) = s_i, O(t-1) = v_{k'}^{(i')} | \lambda)$$

dove

$$\begin{aligned} P(O(t), Q(t), O(t-1)) &= P(O(t) | Q(t), O(t-1)) P(Q(t), O(t-1)) \\ &= P(O(t) | Q(t), O(t-1)) P(Q(t)) P(O(t-1)) \end{aligned} \quad (4.7)$$

e:

$$P(O(t-1) = v_{k'}^{(i')}) = 1$$

quando si usa un predittore a un passo; se volessimo più passi, sarebbe sufficiente riutilizzare la stima ottenuta all'istante prece-

---

<sup>15</sup>A tal proposito si può pensare di ridurre la matrice a un vettore con le coordinate e il valore degli elementi della matrice diversi da 0 ed eventualmente, per rendere il tutto ancor più efficiente, è possibile gestire tale vettore con una hash table.

<sup>16</sup>Per i dettagli si consulti l'appendice B.1.1 di questa tesi.

dente;

$$\begin{aligned}
 P(Q(t) = s_i) &= \pi_i(t) \\
 &= \pi_1(t-1)a_{i1} + \pi_2(t-1)a_{i2} + \dots \\
 &= \sum_{i'=1}^N \pi_{i'}(t-1)a_{ii'}
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

$$P(O(t) = v_k^{(i)} | Q(t) = s_i, O(t-1) = v_{k'}^{(i')}) = b_{k'k}^{i'i} \tag{4.9}$$

#### 4.5.2 Fase di Training

Fissata la tipologia del modello è indispensabile stimare i parametri del modello, tale fase, chiamata fase di training<sup>17</sup> o apprendimento, è in genere complessa e molto delicata, in quanto influenzerà le successive fasi di adattamento personalizzate per ogni utente. Per stimare i parametri  $\lambda = \langle \Pi^0, A, B \rangle$  del modello, dove:

- $\Pi^0$  è la probabilità iniziale degli stati,
- $A$  è la matrice di probabilità di transizione da uno stato all'altro,
- $B$  è la matrice di probabilità di emissione dei simboli con autoregressione.

è possibile seguire due diversi approcci, che si distinguono per complessità, carico di lavoro ed efficienza:

**guess:** si assegnano manualmente le varie probabilità sulla base dell'esperienza e della conoscenza del fenomeno;

**dataset:** attraverso un algoritmo di learning, è possibile stimare i vari parametri avvalendosi di un dataset, ossia un insieme di frasi Bliss raccolte dai vari utenti che stanno testando il sistema<sup>18</sup>.

La prima via è sicuramente più veloce, ma anche più rischiosa, in quanto, come già più volte osservato nell'analisi del modello, è impossibile riuscire a prevedere tutti i possibili link che esistono tra le varie sottocategorie e quindi associare una certa probabilità. Inoltre, il tipo di knowledge è particolare, in quanto il linguaggio Bliss non

<sup>17</sup>Questo rappresenta uno dei tre problemi che occorre affrontare quando si lavora con la classe degli HMM. Una descrizione teorica più dettagliata del problema e della soluzione comunemente adottata è descritta nell'appendice B.1.3 di questa tesi.

<sup>18</sup>Nella sezione 6.2.1 si può trovare una presentazione esauriente degli enti presso cui si è svolta la sperimentazione del sistema.

segue le regole di sintassi normali a cui siamo abituati<sup>19</sup>. Abbiamo pertanto preferito la seconda soluzione che indubbiamente richiede un impegno maggiore a fronte però di una stima dei parametri migliore e più realistica.

Per stimare i parametri di un normale modello non regressivo esistono diversi metodi, ma il più usato è l'algoritmo di Baum-Welch, che è un caso particolare del metodo di EM [13, 28] (Expectation-Maximization), in grado di fornire ottimi risultati<sup>20</sup>. Nella nostra applicazione abbiamo esteso l'algoritmo classico adattandolo, con alcune semplici modifiche, al DAR-HMM.

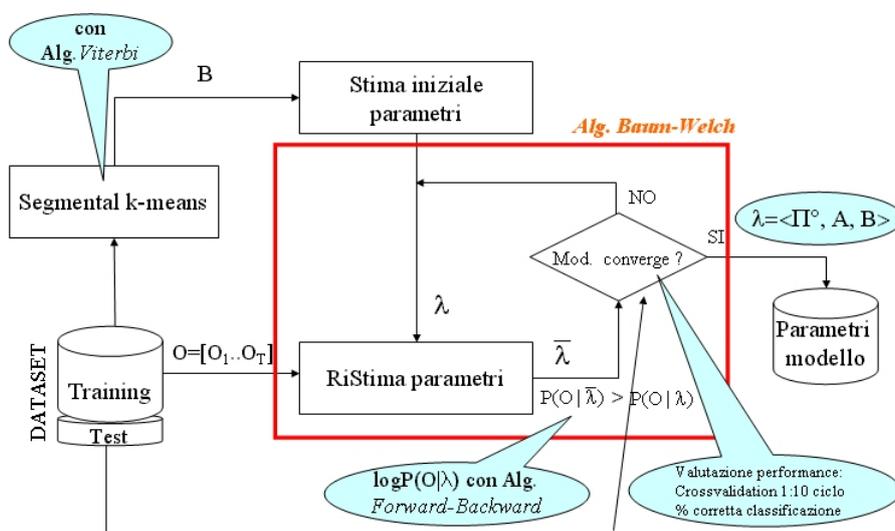


Figura 4.19: Passi della fase di Training

Nell'apprendimento supervisionato<sup>21</sup> si utilizza un insieme di esempi (training set) per stimare i parametri di tale modello, poi se il modello spiega questo insieme di frasi allora può essere utilizzato per spiegare altri esempi (validation set) non utilizzati in precedenza per derivare il modello. Questo sotto l'ipotesi, nota in Intelligenza Artificiale come ipotesi induttiva, che ogni modello che approssima il fenomeno che

<sup>19</sup>Una descrizione della struttura e della grammatica del linguaggio Bliss è contenuta nella sezione 2.2.4.

<sup>20</sup>Per i dettagli si consulti l'appendice B.1.3 di questa tesi.

<sup>21</sup>L'apprendimento automatico (o machine learning) si occupa della ricerca di metodi algoritmici per sviluppare programmi che automaticamente migliorano la propria performance nel tempo. Si dice che un programma apprende dall'esperienza E rispetto ad una classe di problemi T e alla misura di performance P, se la sua performance sui problemi in T, così come misurata da P migliora con le esperienze in E. Nell'apprendimento supervisionato E è costituita da una serie di esempi di un certo fenomeno che sono stati elaborati da un supervisore.

tentiamo di spiegare, rispetto ad un insieme sufficientemente grande di esempi (training set), approssimerà adeguatamente il fenomeno anche rispetto ad altri esempi (validation set) non considerati precedentemente. Se questo succede si dice che il modello è in grado di generalizzare, mentre quando il modello spiega bene gli esempi di train, ma non quelli di validation, ci troviamo di fronte ad un fenomeno di overfitting: il modello spiega molto bene il training set, ma non riesce a generalizzare in quanto non può spiegare esempi non presenti nel training set.

Nella fase di training progettata possiamo distinguere tre macropassi che portano, alla fine, ad avere un modello che ben rappresenta il fenomeno in questione, come evidenziato in figura 4.19.

### 1. *Stima iniziale dei parametri di inizializzazione*

Dato che il ciclo ripetuto di stima dei parametri (Alg. Baum-Welch), porta in pratica, a un massimo locale, la stima iniziale dei parametri del modello diventa un problema chiave, perchè il massimo locale possa essere anche globale, o prossimo a questo. In teoria non esiste una soluzione semplice e immediata per questo problema. Le precedenti esperienze in letteratura hanno mostrato che una scelta casuale o una stima uniforme dei parametri  $A$  e  $\Pi^0$  è una scelta adeguata. Più precisamente, scegliamo una distribuzione uniforme per  $\Pi^0$  e una distribuzione basata sulla conoscenza del fenomeno per la  $A$ : saranno diversi da 0 solo quegli  $a_{ii'}$  che rappresentano archi esistenti, in base a quanto definito nell'HMM con sottocategorie (cfr.fig. 4.12). Là dove non esiste un link tra lo stato  $i'$  e lo stato  $i$ , non forziamo  $a_{ii'}$  a 0, ma ad un valore basso ( $\epsilon$ ), per non precludere tale collegamento in fase di training<sup>22</sup>.

La stima iniziale della matrice  $B$  è più complessa e per avere una stima affidabile del modello occorre ricorrere a una tecnica nota come Segmental k-Means<sup>23</sup>. Tale procedura prende un insieme delle frasi costituenti il Dataset e per ogni sequenza cerca la successione di stati migliore, attraverso l'Algoritmo di Viterbi<sup>24</sup>, e aggiorna la struttura dati, incrementando le frequenze con cui sono stati emessi i vari simboli. Alla fine si avranno una serie di frequenze che rapportate al totale daranno la stima iniziale della matrice di emissione  $B$ .

### 2. *Reestimation equations (training-set)*

---

<sup>22</sup>Occorre, infatti, prestare attenzione a non imporre conoscenze sbagliate. Questa tecnica è nota anche col termine di smoothing.

<sup>23</sup>Una breve descrizione di questa tecnica è presente nell'appendice B.1.3 di questa tesi, oppure in bibliografia [55, 56].

<sup>24</sup>Per maggiori dettagli si consulti l'appendice B.1.2 di questa tesi.

L'algoritmo di Baum-Welch ha la caratteristica di operare ciclicamente, fino a raggiungere la convergenza dei parametri che, nel nostro caso, viene verificata con la tecnica di cross-validation, come descritto nel macro-passo 3. La stima è realizzata facendo uso di un insieme di frasi contenute in un dataset formato da circa 800 frasi, raccolte grazie alla collaborazione della Dott.ssa Gava e di alcuni utenti che si sono resi disponibili a collaborare a questo progetto. Ogni frase ( $O^h$ ) rappresenta una sequenza di simboli (osservazioni) della tabella archivio. In fase di validazione per gli algoritmi di apprendimento supervisionato il Dataset viene diviso in due parti:

**training set** ( $\simeq 75\%$ ): utilizzato per addestrare il sistema,

**validation set** ( $\simeq 25\%$ ): utilizzato per verificare (validare) la convergenza del modello stimato con il training set.

A ogni ciclo dell'algoritmo di Baum-Welch modificato per il DAR-HMM, la stima dei parametri avviene attraverso una serie di formule che sono state ottenute applicando il metodo EM, di cui tralasciamo i passaggi e riportiamo solo le equazioni finali. Date le variabili

$$\alpha_i^h(t) = P(O^h(0), O^h(1), \dots, O^h(T_h), Q(t) = s_i | \lambda)$$

$$\beta_i^h(t) = P(O^h(t+1), O^h(t+2), \dots, O^h(T_h) | Q(t) = s_i, \lambda)$$

che si ricavano attraverso l'algoritmo di Forward-Backward<sup>25</sup> opportunamente modificato:

- variabile forward

(a) Inizializzazione:  $\alpha_i^h(0) = \pi_i(0)b_k^i$ , con  $1 \leq i \leq N$

(b) Passo induttivo:  $\alpha_i^h(t+1) = \left[ \sum_{i'=1}^N \alpha_{i'}^h(t) a_{ii'} \right] b_{kk'}^{ii'}$   
con  $1 \leq i \leq N$  e  $0 \leq t \leq T_h - 1$

(c) Terminazione:  $P(O^h | \lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_i^h(T_h)$

- variabile backward

(a) Inizializzazione:  $\beta_i^h(T_h) = 1$ , con  $1 \leq i \leq N$

(b) Passo induttivo:  $\beta_{i'}^h(t) = \sum_{i=1}^N a_{ii'} b_{kk'}^{ii'} \beta_i^h(t+1)$   
con  $1 \leq i' \leq N$  e  $t = T_h - 1, T_h - 2, \dots, 0$

---

<sup>25</sup>Per ulteriori dettagli si consulti l'appendice B.1.1 di questa tesi.

e data la

$$\gamma_i^h(0) = \frac{\alpha_i^h(0)\beta_i^h(0)}{\sum_{i=1}^N \alpha_i^h(0)\beta_i^h(0)}$$

si ottiene:

$$\bar{\pi}_i(0) = \gamma_i^h(0) \quad (4.10)$$

$$\bar{a}_{ii'} = \frac{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_{i'}^h(t) a_{ii'} b_{kk'}^{ii'} \beta_i^h(t+1)}{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_{i'}^h(t) \beta_i^h(t+1)} \quad (4.11)$$

$$\bar{b}_{kk'}^{ii'} = \frac{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{\substack{t=0 \\ t.c.O^h(t)=v_k^{(i)} \wedge O^h(t-1)=v_{k'}^{(i')}}}^{T_h-1} \alpha_i^h(t) \beta_i^h(t)}{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_i^h(t) \beta_i^h(t)} \quad (4.12)$$

dove

- $P_h = P(O^h|\lambda)$  è la probabilità di avere una certa sequenza di osservazioni dato il modello  $\lambda$ ;
- $O = \{O^1, O^2, \dots, O^H\}$  è l'insieme delle sequenze di osservazioni, ossia l'insieme di frasi Bliss, indipendenti l'una dall'altra;
- $O^h = [O^h(0), O^h(1), \dots, O^h(T_h)]$  è la  $h$ -esima sequenza di osservazioni, composta da  $T_h + 1$  simboli;

### 3. *verifica convergenza (validation-set)*

La convergenza dell'algoritmo viene valutata misurando la percentuale di esempi di validazione correttamente classificati. Ossia si prendono le frasi contenute nel validation set e si calcola quanti errori il modello compie nel predire tale sequenza di simboli. In particolare, analizzando l'andamento di questo valore (fig. 4.20), si dovrebbe ottenere una curva che normalmente decresce durante la fase iniziale di training (l'errore diminuisce ad ogni iterazione dell'algoritmo di Baum-Welch) fino a raggiungere un punto di minimo, oltre il quale l'errore riprende a crescere (in quanto si verifica il fenomeno dell'overfitting).

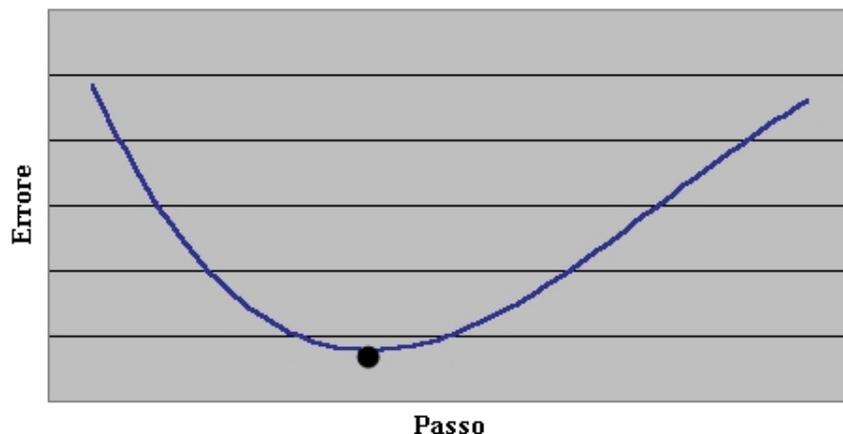


Figura 4.20: Andamento dell'errore sulla classificazione del validation set

L'obiettivo è fermarsi in questo punto di minimo, così che la stima del modello, ottenuta in quel momento, sia la migliore. Per far questo si utilizza un metodo, tipicamente impiegato nell'addestramento delle reti neurali, chiamato early stopping [80, 85, 87] che interrompe la fase di training quando l'errore sul validation set cresce per un numero sufficientemente grande di iterazioni (Threshold\_Passi). Con tale tecnica si può però incorrere in minimi locali simili a quelli riportati in figura 4.21.

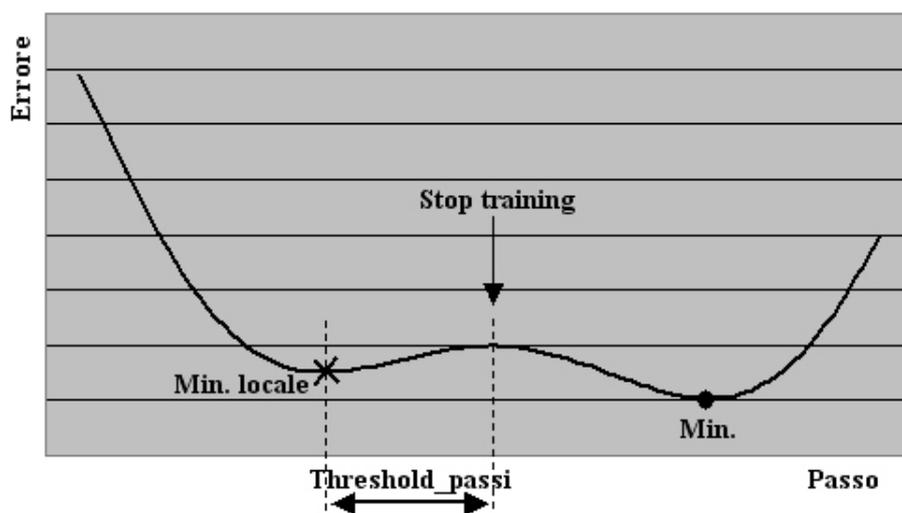


Figura 4.21: Esempio di possibile problema di minimo locale

Per ovviare a ciò, si utilizza un criterio di stop basato sulla Generalization Loss [79]; posto

$$Err_{Opt}(t) = \min_{t' \leq t} Err_{Val}(t')$$

il più basso valore dell'errore sul validation set ottenuto fino all'istante  $t$ ;

$$GL(t) \triangleq 100 \left( \frac{Err_{Val}(t)}{Err_{Opt}(t)} - 1 \right)$$

è l'incremento relativo dell'errore attuale rispetto al minimo ottenuto. La fase di training è interrotta non appena la generalization loss supera una certa soglia (Threshold\_Errore):

$$GL(t) > \text{Threshold\_Errore}$$

Con questa tecnica si avrebbe un arresto non corretto in presenza di picchi nella funzione errore, dopo un minimo locale, così come riportato in figura 4.22

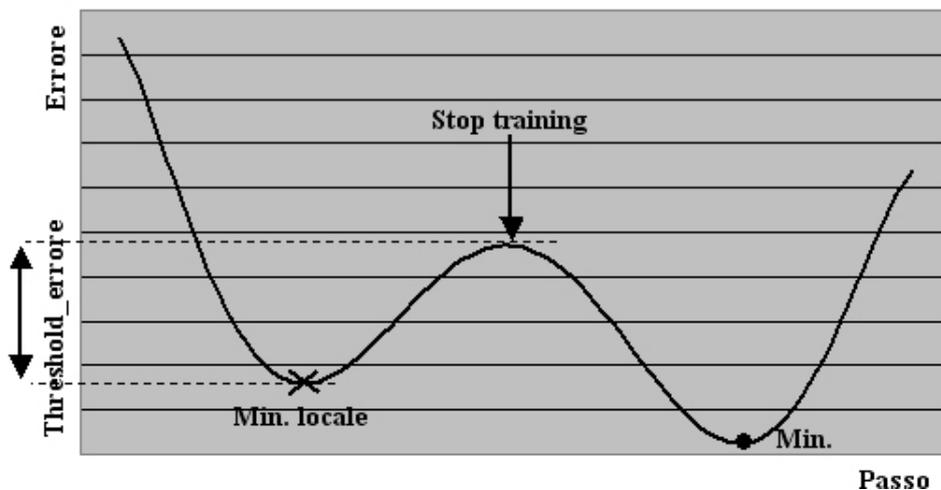


Figura 4.22: Esempio di possibile problema di minimo locale

Nella soluzione da noi adottata, abbiamo deciso di usare come criterio di stop della fase di training la congiunzione delle due condizioni precedenti:

$$(n.\text{passi}_{dalmin.} > \text{Threshold\_Passi}) \text{AND} (GL > \text{Threshold\_Errore})$$

L'unico problema si ha nel caso in cui, dopo il minimo, la funzione errore si stabilizzi appena sopra tale valore senza superare la soglia (fig. 4.23).

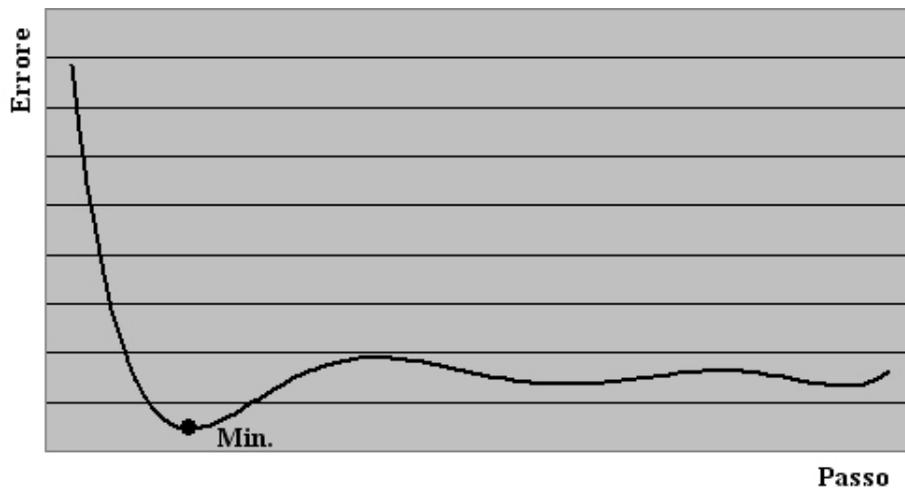


Figura 4.23: Esempio di possibile problema di minimo locale

Per evitare ciò si aggiunge una condizione sul numero massimo di passi oltre i quali arrestare la fase di training.

Sebbene l'accuratezza misurata sul validation set fornisca una stima abbastanza affidabile dell'errore di generalizzazione, a seconda di come viene composto il test set si può ottenere una notevole varianza. Pertanto la divisione del Dataset in training e validation set non può essere fatta in modo superficiale o arbitrario, onde compromettere i risultati della fase di training. Per avere una valutazione meno sensibile alla scelta degli insiemi di train/validation set si utilizza la tecnica di K-fold cross-validation [2]: le frasi vengono divise in  $K$  gruppi approssimativamente uguali. Per  $K$  volte viene costruito il train con  $K - 1$  di questi gruppi, mentre il rimanente viene utilizzato per il validation set. Il risultato viene calcolato come media dell'accuratezza delle  $K$  volte.

La fase di training, fin qui descritta, si basa sul presupposto di far uso di un Dataset in cui i simboli delle frasi sono presi dall'archivio generale dei simboli. In realtà, dagli studi di AAC fatti, emerge che la quasi totalità degli utenti non usa mai più di 200–300 simboli e in genere possiede una tabella personale con un numero di simboli, che varia in base al grado cognitivo dell'utente, compreso tra 10 e 300. Pertanto diventa necessaria una fase che potremmo definire di pre-processing (fig. 4.24), in cui dal Dataset generale (800 frasi) si eliminano quelle frasi contenenti simboli non presenti nella tabella personale dell'utente. Si ottiene così un Dataset molto più ridotto, ma più adattato alle esi-

genze dell'utente, e su questo insieme di esempi si effettua la fase di training del modello, che a questo punto potrebbe già essere considerata come una fase di pre-adattamento.

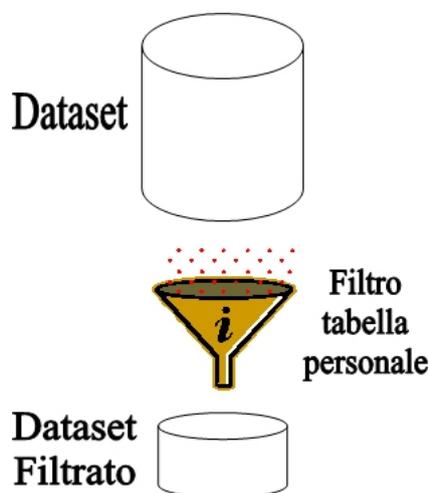


Figura 4.24: Filtraggio del Training Set (pre-processing)

### 4.5.3 Fase di Adaptation

Al termine di questa fase di training il modello ottenuto è pronto per essere utilizzato dall'Assistente Compositore per fornire una buona predizione, che avverrà sulla base delle frasi che erano presenti nel dataset. Al fine però di rendere l'Assistente Compositore ancor più "intelligente" ed efficiente dal punto di vista della predizione, è necessario che i parametri del modello vengano modificati sulla base delle caratteristiche dello specifico utente, così che l'Assistente Compositore si adatti sempre più alle sue personali esigenze.

Partendo dal modello ottenuto dalla fase di Training si cerca di generare un overfitting dei dati verso l'utente specifico, aggiornando i parametri del modello, dando maggior peso alle nuove frasi che vengono digitate dall'utente.

Per implementare questa fase di adattamento, si possono seguire tre diversi approcci:

**algoritmo di adattamento incrementale on-line:** ci sarà un update alla fine di ogni testo scritto dall'utente;

**algoritmo di adattamento incrementale batch:** ci sarà un update dopo un certo numero di frasi composte dall'utente e solo su queste;

**algoritmo di adattamento non incrementale (riapprendimento):**

ci sarà una raccolta di frasi scritte dall'utente che verranno aggiunte a quelle del Dataset filtrato; per poi ripetere la fase di training con il nuovo insieme di frasi (Dataset+nuove frasi)

Al fine di rendere il sistema più efficiente, pensiamo sia meglio adottare la seconda soluzione che prevede un adattamento incrementale batch, in quanto una soluzione on-line introdurrebbe sicuramente dei rallentamenti dovuti ai tempi richiesti dai frequenti aggiornamenti.

## 4.6 Progettazione e sviluppo software

L'Assistente Compositore in fase di progettazione è stato considerato come un nuovo modulo esterno che svolge una serie di funzioni specializzate. Per la sua realizzazione ci siamo rifatti al concetto di "programmazione in grande", in cui la costruzione di un certo sistema software è ottenuta componendo moduli più piccoli sviluppati ad-hoc; senza dimenticare i principi di "information hiding", "design for change" e del "basso accoppiamento e alta coesione" (c.f.r. 3.4.3).

Per tutta la fase realizzativa e per una parte dell'attività di testing, è stato sviluppato indipendentemente dal Bliss2003, come applicativo esterno. In un secondo tempo, verificata la validità del sistema e valutate le sue prestazioni, è stato integrato nel Bliss2003, attraverso una opportuna interfaccia grafica. Questa è stata progettata secondo le indicazioni forniteci dal personale medico e da alcuni esperti di AAC, che ci hanno consigliato di proporre i simboli, suggeriti dall'Assistente Compositore, in un'area dello schermo che non si sovrapponesse alla tabella dei simboli utente, osservazione fondamentale per non creare confusione nella mente del disabile. Pertanto quando si attiva l'Assistente Compositore compare una finestra nella zona sinistra dello schermo, in genere occupata dalla barra di cambio ambiente (fig. 4.25).

In quest'area verranno di volta in volta proposti i simboli sulla base dell'ultimo scelto, in accordo con il modello probabilistico. Il numero di simboli suggeriti può essere variato (da 1 a 5) anche durante l'esecuzione, attraverso l'apposita funzione contenuta nell'ambiente Opzioni.

Come descritto nei paragrafi precedenti l'Assistente Compositore è costituito da parecchie funzionalità, alcune riguardanti la fase di training, altre dedicate al suggerimento dei simboli durante la predizione. Una sintesi più precisa delle funzioni offerte è contenuta nello Use Case Diagram di figura 4.26.

Dal punto di vista implementativo sono state sviluppate due classi:

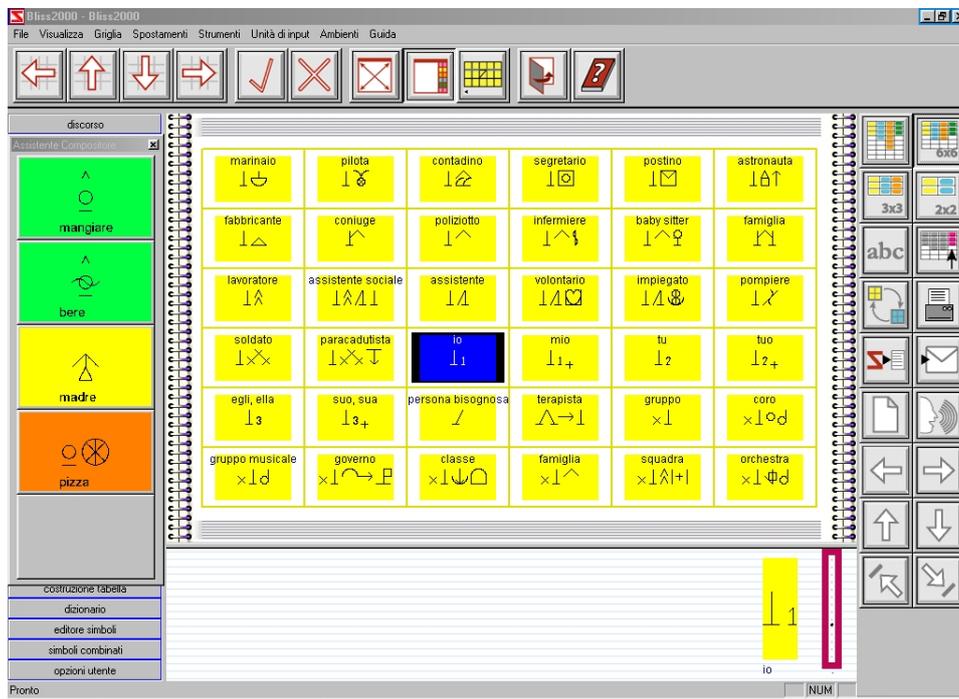


Figura 4.25: Interfaccia grafica dell'Assistente Compositore

**CBlissDARHMM** : per la gestione del modello DAR-HMM per l'Assistente Compositore;

**CBlissHashTable** : per la gestione delle matrici 2D/3D sparse, come tabelle hash con chiave numeriche, facendo uso degli array associativi.

Di seguito riportiamo il Class Diagram delle due classi, rimandando il lettore interessato a maggiori dettagli al codice opportunamente commentato.

L'interfacciamento col Bliss2003 è molto semplice: il **MainFrame** richiama i metodi opportuni della classe **CBlissDARHMM** che a sua volta prevede l'istanza di due oggetti di tipo **CBlissHashTable**.

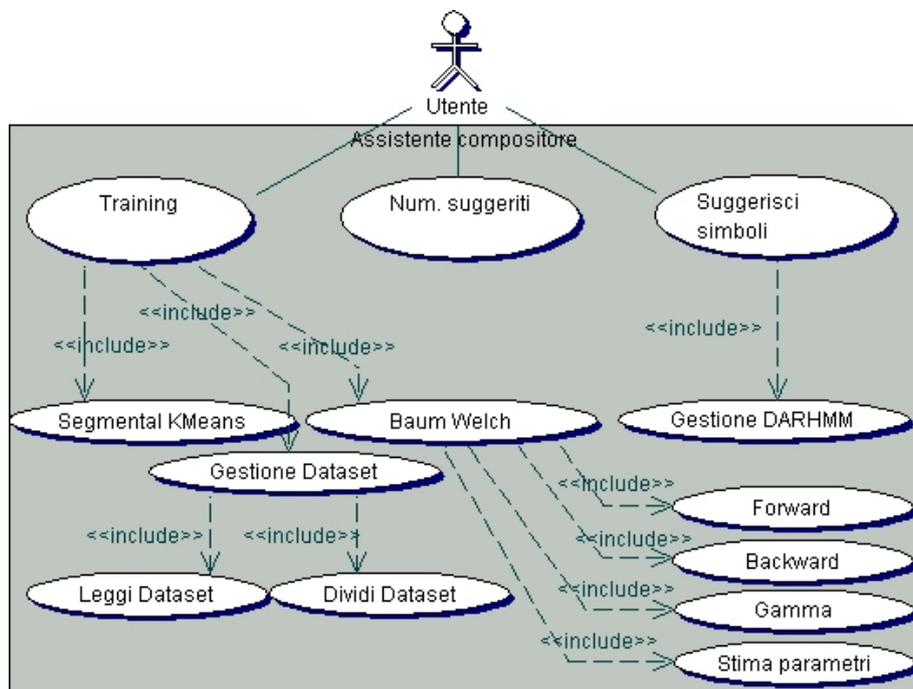


Figura 4.26: Use Case Diagram dell'Assistente Compositore

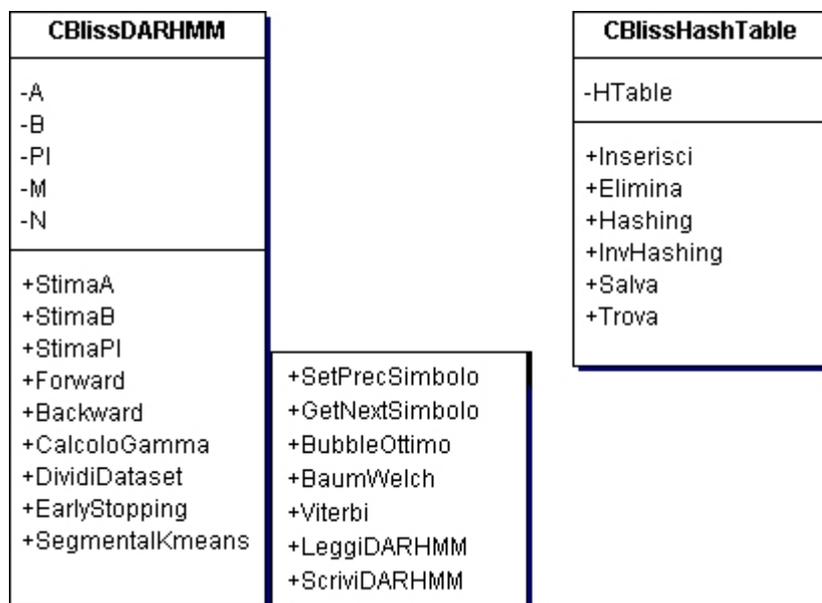


Figura 4.27: Class Diagram dell'Assistente Compositore

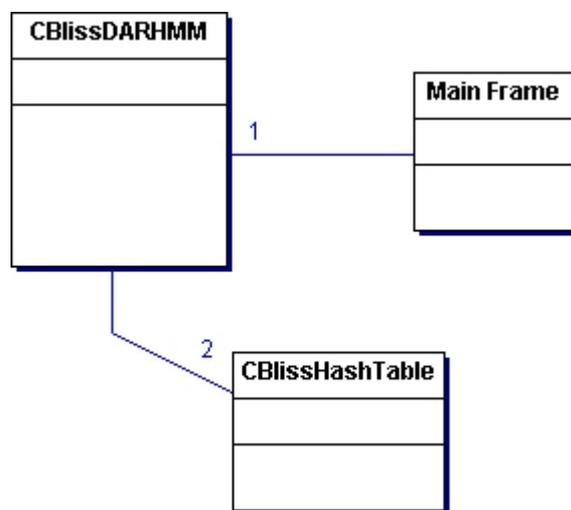


Figura 4.28: Class Diagram interfaccia Bliss2003 con Assistente Compositore



## Capitolo 5

# Altre principali estensioni di Bliss2003

---

*“L’informatica ha segnato  
un notevole passo di qualità  
per le persone disabili,  
ma la sola via per trarre reali benefici  
da questi strumenti  
è di non dimenticare mai  
la centralità dell’uomo.  
La tecnica può avanzare  
ma non abbattere il limite.”*

*(Giancarlo Abba, direttore istituto dei Ciechi di Milano)*

## 5.1 Introduzione

Il Bliss2003 oltre all'alto contenuto tecnologico e il notevole spessore innovativo raggiunto con l'introduzione dell'Assistente Compositore, presenta una serie di nuove funzionalità di altrettanto interesse per gli utenti che rendono il sistema ancor più utile e attento alle loro reali esigenze.

In questo capitolo vengono presentate le altre principali estensioni che sono state introdotte con la nuova versione. In particolare, nella sezione 5.2 vengono descritte le specifiche che hanno guidato la realizzazione della nuova interfaccia iconografica, che è stata completamente ridisegnata secondo i principi di usabilità per le persone disabili. Ampio spazio è dedicato anche alla fase di progettazione e implementazione, con un confronto visivo tra la nuova e la vecchia interfaccia.

Nella sezione 5.3 sono presentate le caratteristiche della sintesi vocale in aiuto alla selezione dei simboli, un feedback fondamentale non solo per i soggetti con problemi visivi.

Nella sezione 5.4 si illustrano le nuove opportunità offerte dalla caratterizzazione simbolica che è stata semplificata e resa più user-friendly rispetto alla versione implementata nel Bliss2000.

Oltre a queste importanti estensioni, sono state realizzate una serie di altre nuove funzionalità, di basso e alto livello, tra cui la possibilità di inviare a MsWord i simboli di una frase e l'esportazione/importazione della tabella personale, che vengono presentate nella sezione 5.5.

## 5.2 Interfaccia Iconografica

### 5.2.1 Specifiche dei requisiti

Come emerge dall'analisi delle esigenze dell'utente, al fine di garantire un design dell'applicativo che sia semplice, intuitivo e immediato, è stato indispensabile riprogettare l'intera interfaccia grafica del Bliss2003.

In particolare i limiti della precedente versione erano legati all'interfaccia iconografica (costituita da una barra principale e sette barre specifiche per ogni ambiente, per un totale di circa 150 icone): a prima vista un utente disabile rimaneva fortemente disorientato dalle troppe informazioni e dai forti contrasti che presentavano le barre dei comandi dei vari ambienti. Ad esempio, l'ambiente Editore simboli (Verde) presentava una barra dei comandi con 60 icone, l'ambiente Opzioni utente (Grigio) ne aveva circa 40. Il problema maggiore era comunque la chiarezza e l'uniformità delle icone che pur essendo accettabili esteticamente, non lo erano ergonomicamente. Infatti, come più volte ripetuto, occorre tener presente la classe di utenti a cui è dedicata l'applicazione.

Per i suddetti motivi abbiamo riprogettato l'interfaccia iconografica puntando al principio dell'usabilità: far sì che l'applicazione si presenti al disabile in modo tale che questo si trovi a suo agio nel suo uso. È bene che l'interfaccia sia tale da far sì che l'utente si concentri sul problema da risolvere, non su come "lottare" con l'applicazione per farle risolvere il problema [37].



Figura 5.1: Barra degli strumenti principale

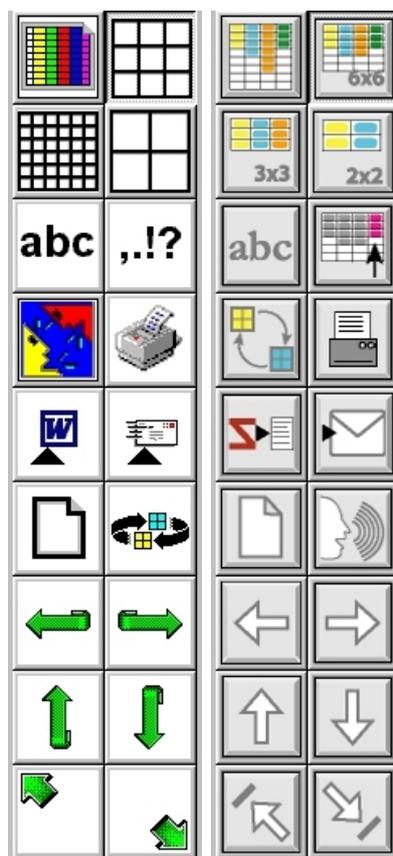


Figura 5.2: Barra strumenti dell'ambiente Dialogo (Blu)



Figura 5.3: Barra strumenti dell'ambiente Lavagna (Nero)

In concreto la nuova interfaccia iconografica dovrà possedere i seguenti requisiti:

**creare delle icone più intuitive:** è necessario che il disegno sia molto semplice, in modo da non lasciare spazio ad ambiguità e possa richiamare immediatamente la funzione a esso collegata. Numerose icone del Bliss2000 non sono molto chiare o non rappresentano la funzione associata. Occorre renderle più intuitive facendo attenzione che non siano troppo ridondanti, in quanto creerebbero confusione nella mente dei soggetti con un certo grado di disabilità;

**ottenere un'interfaccia più omogenea:** al fine di favorire il canale visivo del disabile, è necessario che la raccolta di icone sia il più possibile uniforme nel tratto grafico, nel colore e nello stile impiegato. Nel Bliss2000 questa filosofia non è per nulla presente, e si è constatato che tale disomogeneità è causa di una serie di disturbi visivi che compromettono la decodifica del contenuto da parte di un utente disabile. L'ideale sarebbe rendere tutte le icone pittografiche (simili a oggetti 3D) o tutte simboliche (stilizzate). Essendo l'applicativo destinato a una popolazione diversamente abile, è sicuramente preferibile adottare un'interfaccia grafica basata su icone simboliche che pur essendo meno piacevoli da vedere, hanno il grosso vantaggio di essere più semplici, comprensibili e di immediata decodifica anche per utenti con un certo grado di handicap;



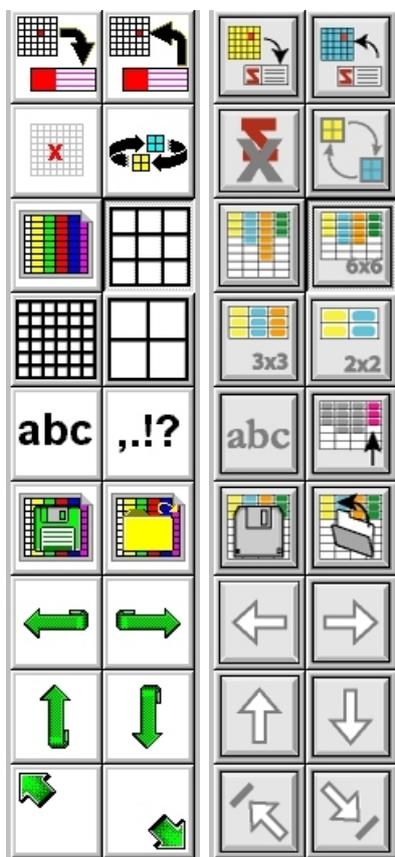


Figura 5.5: Barra strumenti dell'ambiente Costruzione Tabella (Rosso)

o siti web dedicati alla raccolta di icone. Le nuove proposte sono state valutate dalla dott.sa Gava, come esperta di traccia grafica [41] e delle ripercussioni che questa ha nei soggetti portatori d'handicap e in particolare nei ragazzi con problemi verbali che fanno uso di metodi di AAC.

Da questa analisi sono emerse parecchie osservazioni e diversi aspetti negativi che a prima vista ci erano sfuggiti, proprio perchè il nostro punto di vista di ingegneri informatici è ben diverso da quello del soggetto disabile. Dal momento che l'esperta di AAC rimarcava l'esigenza di un maggior grado di uniformità grafica, abbiamo deciso di avvalerci della collaborazione esterna di un Web-Art Designer<sup>1</sup>, in modo che la stessa mano, ridisegnando l'intera raccolta di icone, potesse offrirci

<sup>1</sup>È stata avviata una collaborazione con la cooperativa sociale Portale Onlus [105] che nelle persone della Web-Art Designer Elena Casartelli e dell'Arch. Cavalletti ha portato al rifacimento dell'intera interfaccia iconografica, con ottimi risultati.

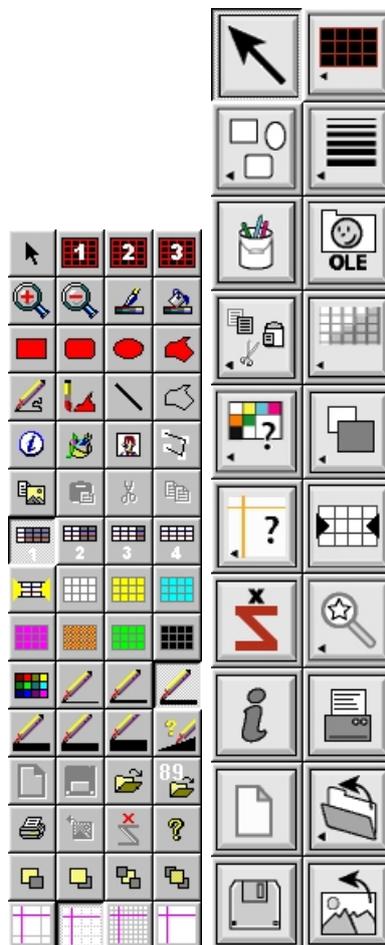


Figura 5.6: Barra strumenti dell'ambiente Editore simboli (Verde)

questa omogeneità di stile.

Attraverso una serie di incontri abbiamo definito le specifiche tecniche del lavoro:

**stile iconografico:** si è preferito un approccio simbolico anziché pittografico, che predilige la semplicità all'estetica, proprio per ottenere icone dal tratto chiaro e intuitivo;

**contenuto iconografico:** il disegno deve richiamare nel modo più completo possibile la funzione associata, facendo attenzione a non fornire informazioni ridondanti, bensì pochi tratti essenziali e non ambigui;

**colori:** si è deciso di limitare l'uso dei colori che possono essere un ele-

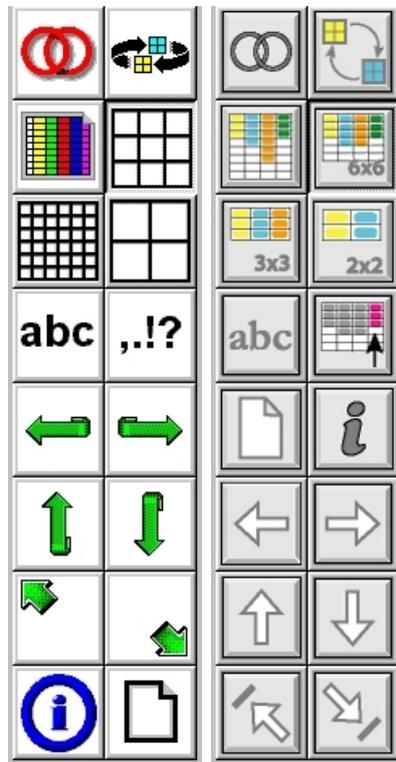


Figura 5.7: Barra strumenti dell'ambiente Simboli combinati (Magenta)

mento confusivo in certi soggetti. Lo sfondo dei bottoni è grigio invece che bianco, proprio per attenuare il contrasto visivo. Allo stesso modo, là dove era necessario l'impiego del colore per attirare l'attenzione su un particolare del disegno, si sono utilizzate delle tinte pastello, o in alcuni casi, una tinta unica (ad esempio, per indicare il generico simbolo Bliss si è sempre impiegato il bordeaux);

**formato:** le icone sono state realizzate come delle normali bitmap, 50 x 52 pixel a 256 colori.

Per semplificare le barre degli ambienti, fornendo una struttura a livelli, abbiamo raggruppato le icone che richiamano funzionalità simili, collassandole in un unico bottone stile menù pop-up. L'icona di questo tasto-raccoglitore richiama in modo univoco e semplice la serie di bottoni raccolti; alla sua pressione viene aperta una barra dei bottoni aggiuntiva, che può essere spostata dove si vuole, contenente tutte le funzionalità connesse. Questa organizzazione gerarchica non elimina le operazioni richiamabili con Bliss2003, ma fornisce una visione meno

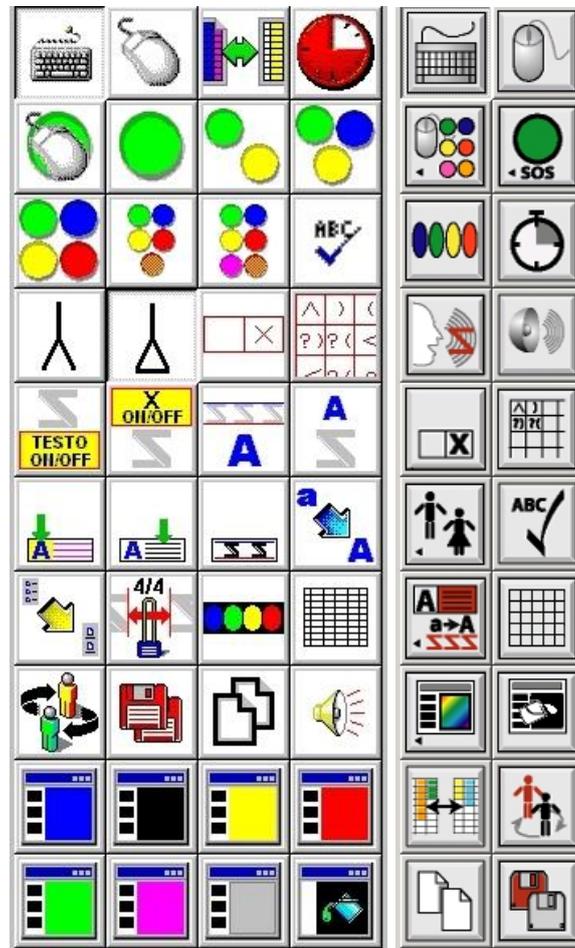


Figura 5.8: Barra strumenti dell'ambiente Opzioni (Grigio)

confusiva e più ordinata all'utente: l'aver tutto a portata di mano (40, 60 tasti funzione) è comodo per chi punta all'efficienza e alla velocità (utente esperto), ma è causa di notevoli problemi di orientamento per chi punta a un principio di usabilità (utente inesperto o utente disabile).

Si è seguito un processo di sviluppo di tipo incrementale: ogni nuova release di icone è stata sottoposta all'analisi della dott.sa Gava, per valutarne gli aspetti della chiarezza e intuitività. Dalle indicazioni ottenute si formulavano delle nuove specifiche che venivano sottoposte al web designer per lo sviluppo della nuova versione di icone. Sono anche stati creati dei prototipi<sup>2</sup> che sono stati mostrati agli utenti dei

<sup>2</sup>Il prototipo è un modello approssimato dell'applicazione; è alla base di una possibile

centri presso cui è stata svolta la sperimentazione, al fine di ottenere un'indicazione su quanto il prototipo coglieva i reali fabbisogni, fino ad ottenere la versione definitiva.

Nelle figure 5.1 - 5.8 sono state riportate le nuove barre dei comandi (figure a destra), confrontandole con quelle della vecchia interfaccia del Bliss2000 (figure a sinistra). Una valutazione degli effetti ottenuti è riportata nella sezione 6.4.2, mentre una descrizione dettagliata di tutte le funzionalità associate ai vari bottoni è contenuta nel manuale on-line di Bliss2003.

## 5.3 Sintesi Vocale in aiuto alla selezione

### 5.3.1 Specifiche dei requisiti

Nelle applicazioni del settore dell'Assistive Technology la sintesi vocale ha da sempre costituito un importante mezzo a servizio del disabile sotto un duplice aspetto:

1. rappresenta un potente ausilio in grado di sostituire la voce in soggetti con problemi verbali, con l'effetto di aumentarne l'auto-stima;
2. offre la possibilità ai non vedenti e agli ipovedenti di leggere sfruttando il canale uditivo, permettendo di raggiungere un certo grado di indipendenza nell'interazione con la macchina.

Nonostante il Bliss2000 disponesse di una sintesi vocale non perfettamente fluida come parlato, o comunque con un buon margine di miglioramento<sup>3</sup>, si è pensato di utilizzare tale funzionalità introducendo la lettura vocale in fase di selezione dei simboli.

La fase di analisi delle esigenze (c.f.r. 3.4.1) ha infatti evidenziato l'enorme importanza di un feedback audio durante la selezione dei simboli: l'utente sarebbe non solo facilitato nella scelta, ma aumenterebbe anche il proprio livello di concentrazione.

La sintesi vocale in aiuto alla selezione implementata nel Bliss2003 fornisce una lettura del significato del simbolo in tutte le diverse modalità di input:

**tastiera:** muovendosi sulla tabella (archivio o personale) con i tasti freccia, o con quelli di scorrimento pagina, verrà letto istantaneamente il simbolo evidenziato;

---

strategia di sviluppo incrementale chiamata prototipazione.

<sup>3</sup>A tal proposito si consulti la sezione 7.3.7 dedicata ai possibili sviluppi futuri.

**mouse:** spostandosi sui diversi simboli della tabella, quando ci si ferma per un certo intervallo di tempo su un simbolo, si attiverà il motore vocale;

**scansione automatica:** nella modalità di input che utilizza gli switches, il feedback audio viene impiegato solo nella fase finale, nel livello di scansione con due simboli.

Occorre fare alcune precisazioni sui requisiti temporali di attivazione della sintesi, necessari a dare la possibilità al motore vocale di leggere correttamente ogni possibile simbolo, evitando la sovrapposizione audio nel caso di selezioni ripetute e veloci. In particolare nella modalità con mouse si è fissato un tempo minimo (1 sec.) per cui il cursore deve rimanere sullo stesso simbolo perchè questo venga letto dalla sintesi. Analogamente, quando si attiva la scansione automatica, il sistema verifica che l'intervallo di scansione (tempo che trascorre prima dello spostamento della cornice colorata) sia stato impostato a un valore superiore alla soglia minima (3 sec.), in caso contrario viene impostato automaticamente.

### 5.3.2 Progettazione e realizzazione

Nell'ottica di scrivere meno codice possibile senza dover ristrutturare l'intera applicazione, riutilizzando quanto fatto in precedenza nel rispetto del principio del "design for change" (c.f.r. 3.4.3), abbiamo integrato la nuova funzionalità con il modulo di sintesi vocale già sviluppato per il Bliss2000, aumentando la coesione del sistema. È stata quindi rispettata la scelta del progettista precedente di impiegare la tecnologia IBM ViaVoice, appoggiandosi ad un software di sintesi vocale esistente, ossia PcVoice della Synthema, scritto appositamente per la lingua italiana.

Rispetto alla versione implementata nel Bliss2000, abbiamo aggiornato il pacchetto SDK necessario per l'interfacciamento del nostro applicativo al motore vocale IBMViaVoice.

Il modulo a se stante che si interfaccia con il sistema di sintesi vocale è chiamato Bliss2003Parla; è sviluppato anch'esso in VisualC++ e viene attivato dal Bliss2003 attraverso l'uso del comando `ShellExecute` che consente, fra le altre cose, di eseguire un modulo senza aprire una finestra visibile all'utente:

```
ShellExecute(NULL, "open", NOMEFILE_EXE_SINTESIVOCAL, "se1", NULL, SW_NORMAL);
```

Il primo e il quinto parametro sono NULL, perché non utilizzati da Bliss2003; il terzo parametro è semplicemente il nome del file eseguibile;

il quarto parametro contiene l'argomento da utilizzare all'avvio dell'applicazione ("sel" indica che si tratta di sintesi vocale in aiuto alla selezione e pertanto verrà nascosta la finestra di dialogo di Bliss2003Parla); l'ultimo parametro indica la modalità di esecuzione del modulo.

Bliss2003 si interfaccia con questo modulo attraverso il metodo denominato `AttivaRegistrazioneSelezionePerSintesiVocale` che scrive un file di testo contenente il significato del simbolo che il modulo Bliss2003Parla è in grado di leggere.

```
bool CBliss2000Doc::AttivaRegistrazioneSelezionePerSintesiVocale()
{
    //Numero e indice dell'ordinamento del simbolo Bliss Attualmente in fase di modifica
    if ((m_nNsimboloAttuale[m_nIDTabellaAttuale]<0) ||
        (m_nNsimboloAttuale[m_nIDTabellaAttuale]>=m_nNsimboliMemorizzati))
        return false;
    else
    {
        //Inizializzazione del testo da scrivere
        m_File_TestoSudisco.Open(NOMEFILE_TXT_SINTESIVOCALE, CFile::modeCreate | CFile::modeWrite);
        CArchive ar(&m_File_TestoSudisco, CArchive::store);

        //Scrittura del timbro vocale
        if (GetOpzioniUtenteVoceFemminile())
            ar << TIMBROVOCE_FEMMINILE;
        else
            ar << TIMBROVOCE_MASCHILE;

        //Scrittura numero parole totali
        ar << 1;

        //Scrittura testo da leggere
        ar << GetSignificatoSimboloBliss();

        //Chiusura del file
        ar.Close();
        m_File_TestoSudisco.Close();

        return true;
    }
}
```

## 5.4 Caratterizzazione simbolica

### 5.4.1 Specifiche dei requisiti

Come emerso dalla fase di analisi delle esigenze, c'è la grande necessità dei soggetti con problemi verbali di allargare il proprio campo di conoscenze, potenziando il proprio bagaglio comunicativo. La sperimentazione sul campo con Elisa ha mostrato ulteriormente come per un adolescente non sia più sufficiente una comunicazione funzionale, ma, soprattutto in quei casi dove esiste un buon potenziale cognitivo, è indispensabile offrire un sistema che permetta sia di esprimere anche i

propri desideri, speranze e sentimenti, sia di apprendere nuovi contesti comunicativi.

A tal proposito si è migliorato il sistema di caratterizzazione simbolica già presente in Bliss2000, ma con parecchi limiti in particolar modo sul lato della usabilità.

Nel Bliss2003 si è implementato un meccanismo molto più semplice e user-friendly: l'utente dall'ambiente "Editor dei simboli" può creare un simbolo personalizzato contenente componenti Bliss, linee, oggetti OLE (foto, clipart, ecc.), come con un normale tool di disegno. Per poi aggiungere il nuovo simbolo alla tabella personale è necessario prima memorizzarlo su supporto di massa, in quanto contiene oggetti particolari. Successivamente, dall'ambiente "Costruzione tabella", sarà possibile aggiungerlo alla propria tabella seguendo la stessa procedura che si usa per i simboli Bliss standard.

Con la stessa facilità si possono ora importare simboli non Bliss (per esempio simboli appartenenti ad altri linguaggi di AAC) e posizzionarli direttamente sulla propria tabella, scegliendo con il mouse o la tastiera la cella in cui metterli (prima era necessario fornire la posizione in coordinate cartesiane, cercando di ricordare quali fossero le celle non occupate da altri simboli).

Bliss2003 permette così la gestione facilitata di quell'importante meccanismo noto come contestualizzazione grafica (c.f.r. 2.2.4), per cui il terapeuta, soprattutto durante la fase di iniziazione al linguaggio Bliss, può illustrare il significato di un simbolo Bliss affiancandolo, nella tabella, con un corrispondente simbolo non Bliss contenente foto o disegni.

#### **5.4.2 Implementazione**

Lo sviluppo di quanto descritto nella sezione precedente ha comportato un'analisi dettagliata dei metodi già esistenti e riguardanti la caratterizzazione.

Gli interventi svolti sul codice hanno comportato il rifacimento dell'interfaccia per l'inserimento del simbolo nella tabella personale, gestendo con attenzione i messaggi di avviso che devono venir opportunamente mostrati all'utente durante l'uso.

A scopo illustrativo mostriamo di seguito, in linguaggio di alto livello, parte del metodo `TabellaCopiaSimboloInTabella` che permette di aggiungere il simbolo personalizzato nella propria tabella, assicurandosi che sia stato precedentemente salvato.

```

void CBliss2000Doc::TabellaCopiaSimboloInTabella(int Xdestinazione, int Ydestinazione, int IDTabella) {
    //Calcolo indice della destinazione

    //Cancellazione di tutti i componenti della cella di destinazione

    //Se il simbolo è nuovo allora viene memorizzato integralmente
    {
        //Verifica della tipologia del simbolo creato (standard Bliss, OLE, disegni non OLE)
        {
            //Controllo che il simbolo sia stato precedentemente salvato
            if (!salvato())
                AfxMessageBox("Un simbolo personalizzato può essere inserito solo dopo
                averlo salvato nell'ambiente editore di simboli!",MB_OK|MB_ICONERROR);
            else
            {
                //Confronto simbolo salvato con quello nell'area di elaborazione
                //per evitare che siano state fatte modifiche e non siano state salvate.

                //Definizione della classe per l'archiviazione dei dati con le procedure standard MFC

                //Lettura dati globali Simbolo salvato
                //Chiusura files

                if (cambiato())
                {
                    //Avviso che il simbolo nell'area di elaborazione non è stato salvato
                    AfxMessageBox("Il simbolo personalizzato che si vuole inserire\nnon è stato salvato.
                    Prima di inserirlo è necessario salvarlo nell'ambiente editore di simboli!",
                    MB_OK|MB_ICONERROR);
                }
                else
                {
                    //Definizione della classe per l'archiviazione dei dati con le procedure standard MFC

                    //Chiusura del file archivio

                    //Salvataggio dati file inserito
                }
            }
        }
        .....
    }
}

```

## 5.5 Altre funzionalità aggiunte

### 5.5.1 Esportazione di simboli Bliss in MsWord

Già in Bliss2000 era stato fatto un primo passo verso l'integrazione con la suite di Microsoft Office, in particolare con MsWord. Oltre a poter esportare il testo della frase costruita, come è riportato nella tabella riassuntiva delle proposte di estensioni di Bliss2000, vi è la necessità di poter esportare in Word anche i simboli.

L'esportazione di simboli, permetterebbe di potenziare la comunicazione remota tra due utenti che usano il linguaggio Bliss: attraverso la funzione di posta elettronica il mittente potrebbe spedire una composizione Bliss a un destinatario, allegando il file Word contenente i simboli

Bliss, creato attraverso la nuova funzione di esportazione, mentre prima era possibile inviare esclusivamente il testo della frase.

Questa nuova funzionalità permetterebbe anche l'impaginazione di testi Bliss con MsWord, in modo da creare dei libri o dei diari, molto utilizzati in ambito riabilitativo<sup>4</sup>.

In Bliss2003 si può quindi scegliere tra tre diverse modalità di esportazione della frase composta:

**esporta solo testo** : viene attivato MsWord e creato un documento con il testo della frase scritta. Questa funzione è utile se occorre mostrare la composizione fatta ad una persona normodotata o non interessata a vedere i simboli Bliss;

**esporta testo e simboli** : viene attivato MsWord e creato un documento html con i simboli Bliss e il relativo significato della frase scritta. Questa modalità offre la possibilità di stampare la frase costruita per mostrarla a una persona che non conosce il linguaggio Bliss che allo stesso tempo può vedere la “traduzione”<sup>5</sup> Bliss corrispondente;

**esporta solo simboli** : viene attivato MsWord e creato un documento html con i simboli Bliss della frase scritta. In questo modo si può allegare il documento creato a una email per comunicare a distanza con un altro utente Bliss.

L'esportazione avviene attivando il rispettivo tasto dalla barra degli strumenti dell'ambiente Dialogo o Lavagna, oppure attraverso i menù. Si aprirà una nuova finestra (fig. 5.9) intitolata “Scelta modalità di esportazione” contenente una barra di 3 bottoni, corrispondenti alle 3 modalità di esportazione.

In particolare per l'esportazione del testo e simboli o di soli simboli, è stato codificato il metodo `AttivaTestoPerWord` della classe `CBliss2000Doc` che attiva MsWord e genera un documento in formato html che porta il titolo del testo Bliss come nome del file. Tale file viene poi caricato automaticamente in ambiente MsWord quando si esegue la linea di codice col comando `ShellExecute`.

Questo metodo è stato definito per overloading<sup>6</sup>, lo si distingue dal

---

<sup>4</sup>A tal proposito si veda il giornalino e il diario di scuola realizzati da Elisa, contenuti nella sezione 6.2.2.

<sup>5</sup>A rigor di logica non è corretto parlare di traduzione dal linguaggio Bliss al normale linguaggio alfabetico, in quanto il Bliss non è un semplice dizionario, per cui non è possibile trasferire in modo automatico il significante da un codice pittografico a un codice fonologico (c.f.r. 2.2.4).

<sup>6</sup>Una funzione è definita per overloading quando lo stesso nome può essere usato in diversi contesti per denotare diversi funzionamenti [43].



Figura 5.9: Tasto di esportazione in MsWord e Barra scelta modalità

metodo omonimo, che esporta solo testo, in base al numero di parametri (in questo due, nell'altro zero).

La scelta di produrre un file *html*, anziché *.doc* è legata alla possibilità di gestire più semplicemente l'impaginazione: utilizzando una tabella si alterna una riga di simboli (inseriti come file *.bmp*) con una di testo, in questo modo si ottiene la frase Bliss con il significato riportato sotto ogni simbolo. Se il parametro `SoloSimboli` è `true` allora si inseriscono solo i simboli e non il testo.

Di seguito riportiamo il codice del metodo:

```
bool CBliss2000Doc::AttivaTestoPerWord(CStringArray* NomiSimboli, bool SoloSimboli) {
    //Numero e indice dell'ordinamento del simbolo Bliss Attualmente in fase di modifica
    if (m_nTestoNparoleInserite <= 0)
        return false;
    else
    {
        //Il nome utilizzato è il titolo dato al testo senza spazi
        CString NomeFile = m_sTitoloTesto+NOMEESTENSIONE_ESPORTAZIONEWORDHTML;

        //Eventuale sostituzione dello spazio con _ nel nome del file
        CString S="";
        int Nparola=1;
        int NsimboliperRiga=0;

        NomeFile.Replace(" ", "_");

        //Eventuale conversione in maiuscolo del titolo
        if (GetOpzioniUtenteTuttoInMaiuscolo())
            NomeFile.MakeUpper();

        //Inizializzazione del testo da scrivere
        m_File_TestoSuDisco.Open(NomeFile, CFile::modeCreate | CFile::modeWrite);

        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<html>\n");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<head>\n");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<title>");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,m_sTitoloTesto);
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"</title>\n");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"</head>\n");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<body bgcolor=\"#FFFFFF\">\n");

        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<table border=\"0\"");
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"\\" cellspacing=\"10\">");
    }
}
```

```

for (int ContaSimboli=0; ContaSimboli<NomiSimboli->GetSize(); ContaSimboli++)
{
    //Scrittura del simbolo
    if (NsimboliperRiga==0)
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<tr>\n");
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<td>\n");
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<img src=\"");
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,NomiSimboli->GetAt(ContaSimboli));
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"\" width=\"100");
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"\" height=\"60\">");
    ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"</td>\n");

    NsimboliperRiga++;

    if ((m_sParola[ContaSimboli+1]==".") || (NsimboliperRiga==NSIMBOLI_RIGA) ||
        (ContaSimboli+1==NomiSimboli->GetSize()))
    {
        //Scrittura del testo per la riga corrente perchè è stata conclusa
        //col punto o la riga è piena o la frase è finita
        ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"</tr>\n");

        if (!SoloSimboli)
        {
            ScriviStringa(m_File_TestoSuDisco,"<tr>\n");

            for (int NparoleperRiga=1;NparoleperRiga<=NsimboliperRiga;NparoleperRiga++,Nparola++)
            {
                //Scrittura della singola parola
                S = m_sParola[Nparola];

                if (S=="")
                    S += " ";
                else if (S=="")
                    S += " ";
                else if (S=="'")
                    S = m_sParola[Nparola];
                else if (S==" ")
                    S = "";
                else if (S=="")
                    S = "";
                else
                {
                    //Sistemazione accentate
                    S.Replace("a'", "à");
                    S.Replace("è'", "è");
                    S.Replace("o'", "ò");
                    S.Replace("u'", "ù");
                    S.Replace("i'", "ì");

                    if (m_sParola[Nparola].Find("'",0)>=0)
                        S = m_sParola[Nparola];
                    else if (Nparola<m_nTestoNparoleInserite)
                        if ((m_sParola[Nparola+1]!=","))
                            && (m_sParola[Nparola+1]!=";")
                            && (m_sParola[Nparola+1]!=".")
                            && (m_sParola[Nparola+1]!="'"))
                                S = S + " ";
                }

            }

            if (GetOpzioniUtenteTuttoInMaiuscolo())
                S.MakeUpper();
        }
    }
}

```

```

        ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"<td align=\"center\">");
        m_File_TestoSudisco.Write(S, S.GetLength());
        ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"</td>\n");
    }
    ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"</tr>\n");
}
NsimboliperRiga=0;
}
}

//Chiusura HTML
ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"</table>\n");
ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"</body>\n");
ScriviStringa(m_File_TestoSudisco,"</html>\n");

//Chiusura del file
m_File_TestoSudisco.Close();

//Eliminazione della lista dei simboli
NomiSimboli->RemoveAll();

//Attivazione di Word con il testo
ShellExecute(NULL, "open", NOMEFILE_EXE_WORD, NomeFile, NULL, SW_NORMAL);

return true;
}
}

```

### 5.5.2 Esportazione/Importazione tabella personale

Il sistema Bliss2003 oltre ad essere rivolto ai privati, soprattutto data l'utilità di un terapeuta, è molto adatto ad essere utilizzato anche nei centri di riabilitazione specializzati, vista anche la possibilità di gestire una multiutenza. Nel nostro caso di studio, Elisa usava settimanalmente il Bliss2003 presso il Centro di Neuropsichiatria, presso una scuola pubblica e quando voleva anche a casa. È nata quindi l'esigenza di rendere la tabella personale il più possibile "portabile": l'utente che al centro aggiunge una serie di simboli, non vuole ripetere la stessa operazione anche sulle altre macchine dove usa il sistema. Risulta indispensabile offrire una nuova funzionalità che permetta di esportare e importare facilmente la tabella personale, anche nell'ottica di poter fare delle copie di backup.

Col sistema Bliss2003 è ora possibile esportare/importare le tabelle personali ed eventuali simboli creati (*.bls*) attraverso bottoni presenti nell'ambiente costruzione tabelle. All'utente è permesso scegliere dove esportare/da dove importare, senza preoccuparsi di conoscere i nomi dei file da copiare, le directory in cui posizionarli. Con la vecchia versione questo era possibile solo a un utente esperto: era necessario copiare i 2 file *TabellaBlissSimboliUtente.dat* *TabellaBlissSimbo-*

*liAICA.dat* contenuti nella directory di servizio, nonché tutti i file *.bls* associati all'utente (*TabellaSimboliUtenteOLE.dat*).

L'estensione implementata realizza invece un'interfaccia di alto livello che gestisce la scrittura su semplici file dati. Al momento vengono esportate/importate le tabelle di tutti gli utenti, in quanto nei files *TabellaBlissSimboliUtente.dat*, *TabellaBlissSimboliAICA.dat* e *TabellaSimboliUtenteOLE.dat* sono salvati tutti i simboli di tutti gli utenti. Una delle future estensioni consiste nel migliorare questa portabilità della tabella, resa, a nostro avviso, un po' complicata dall'impostazione che era stata data nel Bliss2000: in vista di una possibile commercializzazione con multilicenze, non era stata offerta la possibilità di salvare distintamente le tabelle dei singoli utenti. Questo ha portato ad avere un'unico file contenente i dati di tutti gli utenti, con ovvi problemi di gestione.

Di seguito riportiamo il codice del metodo che realizza l'esportazione della tabella, l'importazione è duale.

```
void CBliss2000Doc::EsportaTabellaUtente() {

    //Definizione dei filtri selezionabili per la finestra di dialogo
    static char BASED_CODE szFilter[] = "Tabella Bliss2000 (*.dat)|*.dat|";

    //Scelta del nome con la classe standard di Windows
    CFileDialog dlg(false,"dat","Tabella",OFN_OVERWRITEPROMPT|OFN_HIDEREADONLY, szFilter);
    if (dlg.DoModal() == IDOK)
    {
        //Imposta il cursore a clessidra
        SetCursor(AfxGetApp()->LoadStandardCursor(IDC_WAIT));

        //Calcolo della directory/drive scelta per l'esportazione
        CString dirEsporta = dlg.GetPathName();
        dirEsporta = dirEsporta.Left(dirEsporta.ReverseFind('\\'));
        dirEsporta += '\\';

        //Copia dei files per i simboli personali senza oggetti OLE
        CopyFile(m_sNomeDirectoryCorrente+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIUTENTE,
                dirEsporta+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIUTENTE,false);
        CopyFile(m_sNomeDirectoryCorrente+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIDADIZIONARIO,
                dirEsporta+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIDADIZIONARIO,false);

        //Copia dei simboli personali contenenti OLE (*.bls)
        //Inizializzazione file
        m_File_Output.Open(m_sNomeDirectoryCorrente+NOMEFILE_TEMPORANEO_SIMBOLIUTENTE,
                           CFile::modeCreate|CFile::modeWrite);
        m_File_Input.Open(m_sNomeDirectoryCorrente+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIUTENTEOLE,
                          CFile::modeRead);

        CArchive arOutput2(&m_File_Output, CArchive::store);
        CArchive arInput2(&m_File_Input, CArchive::load);

        CString nomeFilebls;

        //Ricerca dati utente attuale
        do
        {
```

```

arInput2 >> m_nDaFile_Nutente;
arOutput2 << m_nDaFile_Nutente;
arInput2 >> m_nDaFile_Nsimboli;
arOutput2 << m_nDaFile_Nsimboli;

//Lettura eventuali simboli
if (m_nDaFile_Nsimboli>0)
{
    //x
    arInput2 >> m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    arOutput2 << m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    //y
    arInput2 >> m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    arOutput2 << m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    //n
    arInput2 >> m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    arOutput2 << m_nDaFile_NsimboloDaDizionario;
    //Copia del file *.bls nella directory di esportazione
    arInput2 >> m_sDaFile_StringaLetta;
    nomeFilebls = m_sDaFile_StringaLetta.Right(m_sDaFile_StringaLetta.GetLength()-
                                                m_sDaFile_StringaLetta.ReverseFind('\')-1);
    CopyFile(m_sDaFile_StringaLetta,dirEsporta+nomeFilebls,false);
    //Aggiornamento del percorso del file *.bls nel file contenente tutti i simboli con OLE
    arOutput2 << dirEsporta+nomeFilebls;
}
}while (m_nDaFile_Nutente<NUMERO_UTENTI);

//Chiusura dei files
arOutput2.Close();
arInput2.Close();
m_File_Output.Close();
m_File_Input.Close();

//Copia del file per i simboli personali contenenti oggetti OLE
CopyFile(m_sNomeDirectoryCorrente+NOMEFILE_TEMPORANEO_SIMBOLIUTENTE,
        dirEsporta+NOMEFILE_DAT_SIMBOLIUTENTEOLE,false);

//Imposta il cursore a freccia
SetCursor(AfxGetApp()->LoadStandardCursor(IDC_ARROW));
}
}

```

## Capitolo 6

# Risultati e test sperimentali

---

*“La vita di un individuo  
ha senso soltanto se contribuisce  
a rendere la vita di ogni creatura  
più nobile e più bella.*

*La vita è sacra,  
vale a dire che  
è il valore supremo  
al quale tutti gli altri  
vanno subordinati.”*

*(Albert Einstein, 1934)*

## 6.1 Introduzione

Il processo produttivo del software, così come di un qualunque altro prodotto, deve garantire certi fattori di qualità. Tra questi è fondamentale la performance del sistema informatico, soprattutto in un settore come quello dell'Assistive Technology: un sistema può infatti essere corretto, affidabile e robusto, ma può risultare scarsamente usabile o, peggio ancora, non efficace nel risolvere o migliorare i problemi del disabile.

Dal momento in cui l'intera tesi ha visto, sin dall'inizio, l'utente al centro del progetto con lo scopo di realizzare un sistema che gli fosse veramente utile e che rispondesse il più possibile alle sue reali esigenze, vogliamo, in questo capitolo, verificare, attraverso test sperimentali e strumenti ad-hoc, in che misura il Bliss2003 soddisfa i requisiti preposti.

In particolare nella sezione 6.2 viene presentata, in tutti i suoi dettagli, la sperimentazione condotta nei centri specializzati, con particolare attenzione a uno specifico caso di studio, una ragazza con problemi di coordinazione verbale congeniti che usa il linguaggio Bliss per comunicare.

Una valutazione delle prestazioni offerte dall'Assistente Compositore è contenuta nella sezione 6.3, dove sono riportati i criteri di test adottati per testare tale sistema.

Nella sezione 6.4 viene infine illustrata l'efficacia e i benefici introdotti dal Bliss2003 come strumento di Assistive Technology, con particolare riferimento agli strumenti IPPA e MPT.

## 6.2 Sperimentazione sul campo

Come si è potuto constatare dai capitoli precedenti, l'intero processo di sviluppo del Bliss2003 ha visto la preziosa collaborazione di alcuni centri con utenti disabili che sono stati coinvolti nelle diverse fasi che hanno portato alla realizzazione del software finale: testing e debugging del Bliss2000, analisi delle esigenze per la nuova versione, uso e test del Bliss2003, ecc..

L'Assistive Technology è un settore dell'ICT in cui la presenza dell'utente non è un aspetto facoltativo e tantomeno un fattore secondario: per sviluppare sistemi informatici di un certo spessore, con un alto livello di usabilità, il progettista non può fidarsi esclusivamente della propria esperienza, ma ha la necessità di confrontarsi con gli utenti, destinatari del prodotto e con gli specialisti, non informatici, che operano nel contesto applicativo.

Il coinvolgimento di figure professionali multidisciplinari (neuropsi-

chiatri, psicologi, terapisti di AAC, fisioterapisti, educatori, genitori, ecc.) ci ha infatti permesso di realizzare un software attento ai bisogni dell'utente che effettivamente utilizzerà il Bliss2003.

Nei paragrafi seguenti vengono presentati in dettaglio le realtà presso cui abbiamo condotto la sperimentazione, soffermandoci in particolare su Elisa, nostro caso di studio con cui abbiamo condiviso parecchie ore di lavoro.

### **6.2.1 Collaborazione con centri specializzati**

L'intero processo di realizzazione del Bliss2003 ha visto la partecipazione di alcuni centri specializzati, frequentati da utenti con disabilità verbale, alcuni dei quali utilizzavano già da tempo il linguaggio Bliss. In particolare si è avviata una preziosa collaborazione con due centri di Crema (il "PoloH", un centro informatico tecnologico per l'handicap e il "Servizio Territoriale di Neuropsichiatria dell'infanzia e dell'adolescenza" dell'Azienda Ospedaliera di Crema) e con altre strutture dislocate sul territorio italiano.

#### **PoloH Informatico Tecnologico per l'Handicap di Crema**

Il PoloH, fondato nell'anno 1995/'96, coinvolge le scuole del territorio cremasco con alunni disabili interessate ad ampliare le prospettive informatiche nella didattica integrativa e nel recupero delle disabilità. Le attività sono principalmente rivolte all'educazione nella formazione e all'integrazione scolastica delle persone disabili, attraverso l'uso delle nuove tecnologie, oltre che alla formazione del personale che assiste ed educa i ragazzi disabili all'interno dell'ambiente scolastico. I compiti riguardanti il progetto vanno dal contatto con le scuole dell'area cremasca alla condivisione delle azioni con altre scuole PoloH in provincia di Cremona, dalla ricerca all'implementazione delle strutture informatiche interne alla scuola. Vi sono anche delle realizzazioni ad-hoc di configurazioni HW e SW per le singole realtà scolastiche o per i Circoli Didattici; lo studio dei casi specifici correlati agli alunni con diverso grado di handicap, nonché la proposta di percorsi formativi didattici individualizzati. Vengono forniti anche servizi di consulenza e help desk sugli ausili informatici, stage di formazione per disabili motori, studio e realizzazione di siti internet accessibili.

La sede è collocata all'interno dell'istituto superiore "P.Sraffa" ed è dotata di calcolatori dell'ultima generazione con sistemi operativi Windows, server di rete, software riabilitativi, ausili per l'interfacciamento ai PC.

Al nostro progetto sono stati assegnati due ragazzi diversamente abili, Max e Ilaria, con buone conoscenze informatiche e un ottimo livello di apprendimento. Bisogna precisare che entrambi non erano utenti Bliss, ma abbiamo cercato di sfruttare le loro capacità informatiche per raccogliere degli utili suggerimenti in fase di analisi delle specifiche, in quanto potevamo contare sul punto di vista di persone con certi problemi ma anche con certe abilità informatiche.

Sia Max che Ilaria si sono dimostrati degli ottimi “collaudatori”: hanno condotto la prima fase di testing del Bliss2000 a ritmi serrati, fornendoci preziose indicazioni sui malfunzionamenti presenti corredati di tutti i dettagli che avevano portato al malfunzionamento.

### **Servizio Territoriale di Neuropsichiatria dell’infanzia e dell’adolescenza**

Il Servizio svolge diverse attività con ragazzi minorenni:

- diagnostica nei confronti di neonati segnalati dal Reparto di Pediatria dell’Ospedale;
- visita e controllo di neonati o minori per i quali i genitori o i familiari si rivolgono al Servizio, oppure segnalati dai pediatri di base o dalla scuola;
- riabilitativa (fisioterapia, psicomotricità, logoterapia) nei confronti di minori per i quali è stata prognosticata la necessità da parte dei medici;
- certificazione di handicap ai sensi della Legge 104/92 e conseguenti compiti istituzionali: diagnosi funzionale, PDF (profilo dinamico funzionale), PEI (progetto educativo individuale);
- centro riabilitazione semiresidenziale: struttura di accoglienza pomeridiana e di riabilitazione per minori che frequentano la scuola dell’obbligo e necessitano di particolare assistenza e riabilitazione.

La tipologia di utenti è molto varia, ma la grande maggioranza presenta una diagnosi di ritardo mentale, paralisi cerebrale infantile e autismo.

Gli interventi basati sugli ausili informatici hanno lo scopo di osservare le capacità logiche e astrattive, la coordinazione oculo-manuale, il grado di attenzione e osservazione, le capacità cognitive, le abilità di analisi e risoluzione dei problemi, la discriminazione visivo-uditiva, la capacità di seguire oggetti con lo sguardo, il livello di comprensione

del rapporto causa-effetto, ecc. Oltre a monitorare gli utenti, il Servizio svolge interventi di sviluppo riguardanti l'orientamento spazio-temporale, la capacità decisionale, l'abilità di previsione, il livello di concentrazione, il concetto di quantità, classificazione e discriminazione di forme, la capacità di usare e leggere simboli negli interventi di AAC, ecc.

Le sedute con l'uso di ausili informatici durano circa 45 minuti, sempre nel medesimo contesto e con lo stesso operatore. Solitamente l'educatore o terapeuta inizia l'intervento con l'osservazione che lo porta a rendersi conto delle reali capacità di chi ha vicino, trae delle deduzioni che lo aiuteranno a stilare un progetto educativo-riabilitativo.

Al nostro progetto hanno collaborato due educatori e una terapeuta esperta di AAC, che ci hanno permesso di seguire Elisa, uno specifico caso di studio di cui si parlerà ampiamente nella sezione 6.2.2.

### **Altri centri sul territorio nazionale**

Oltre ai due centri operanti nel bacino cremasco, il Bliss2003 è stato distribuito, nelle sue molteplici versioni beta che si sono susseguite in questi mesi di lavoro, in diversi centri specializzati dislocati sul territorio italiano (tra questi ricordiamo gli istituti di Napoli, Pistoia, Firenze, il "Centro nuove tecnologie per l'integrazione" di Ovada, ecc.).

Nel settembre 2002 fu organizzata, presso il Politecnico, una presentazione del Bliss2000 (ver.DG 2.4.0) in cui furono convocati i rappresentanti di una decina di centri privati o associati ad aziende ospedaliere. In quell'occasione fu aperto un newsgroup che è servito come canale di comunicazione fra i vari centri e noi sviluppatori, nei mesi successivi. Oltre a chiarimenti, consigli per l'uso, guida e risoluzione a distanza dei problemi che venivano man mano sollevati, è stato un ottimo mezzo per distribuire le nuove versioni beta che si susseguivano anche con cadenza settimanale.

L'obiettivo dell'attività di questi centri è stato quello di testare le nuove release, fornendo utili indicazioni su eventuali problemi/malfunzionamenti che si presentavano.

Purtroppo occorre precisare che non tutti i centri contattati hanno collaborato con lo stesso impegno e costanza mostrata dai due centri cremaschi, forse maggiormente spronati dalla nostra diretta presenza sul campo. Sicuramente questo è un aspetto non indifferente da valutare anche in vista di futuri sviluppi e collaborazioni esterne.

## 6.2.2 Caso di studio

Il Bliss2003 deve molto delle sue nuove funzionalità e dell'alta usabilità conseguita alla fase di analisi e studio delle esigenze che abbiamo svolto nei centri specializzati. In particolare, fondamentale è stata l'opportunità di lavorare a fianco di Elisa, una ragazza di diciotto anni che comunica usando il linguaggio Bliss da circa dieci anni, anche se non ha mai usato con una certa costanza il sistema informatico.

Gli incontri settimanali, a casa, al centro di Neuropsichiatria, a scuola ci hanno permesso di osservare direttamente le difficoltà che Elisa trovava nell'usare il Bliss2000, punto di partenza per formulare i requisiti della nuova versione. Questo non significa che Bliss2003 sia stato progettato esclusivamente per le esigenze di Elisa, ma la ragazza ci ha fornito utili indicazioni sulle possibili problematiche che incontrerebbe un generico<sup>1</sup> disabile nella parola.

Un breve quadro clinico della ragazza, riportato nella tabella 3.1, è stato ricostruito con l'aiuto dei genitori e del personale del Servizio di Neuropsichiatria Infantile, attraverso il foglio di lavoro MPT. Ci teniamo in particolar modo a sottolineare come Elisa sia fortemente motivata a comunicare, aspetto fondamentale che ha facilitato la nostra relazione con lei, nonchè fattore indispensabile per iniziare un percorso di AAC.

Con Elisa sono stati avviati diversi progetti d'uso dell'applicativo informatico Bliss, durante i quali abbiamo avuto la possibilità di testare il sistema, analizzare la sua stabilità, i punti critici e individuare alcune possibili nuove funzionalità. Nei paragrafi seguenti riportiamo una breve descrizione di tre progetti svolti in tre ambiti di lavoro diversi, con obiettivi e modalità d'uso del sistema differenti.

### Il Giornalino

Presso il Servizio di Neuropsichiatria Infantile si è realizzato un giornalino di circa 50 pagine che ricostruisce l'infanzia di Elisa, dall'asilo fino alle scuole superiori.

Ogni seduta settimanale, della durata di un'ora, vedeva la presenza di un educatore, una terapeuta di AAC e uno di noi informatici. A Elisa veniva proposto un tema di cui parlare, raccontando tutto ciò che le ricordava quel momento della sua vita.

Nell'arco dei 10 mesi di sperimentazione sono state svolte circa 35 ore di lavoro con Bliss2000 e, nella parte conclusiva, alcune ore con

---

<sup>1</sup>Occorre comunque tener presente che nel settore dell'Assistive Technology non esiste un tipico utente standard a cui riferirsi, in quanto ogni soggetto, con problemi diversi, ha delle specifiche esigenze.

Bliss2003. Durante questo periodo abbiamo potuto notare dei notevoli miglioramenti nell'uso del sistema da parte di Elisa, che ha visibilmente ridotto i tempi di composizione delle frasi, aumentando il livello di concentrazione davanti al PC. La ragazza interagisce con la macchina attraverso l'uso di uno switch a pressione, regolabile in forza, del tipo riportato nella figura A.11, utilizzando la scansione manuale, preferita a quella automatica in quanto il terapeuta poteva variare dinamicamente l'intervallo di tempo della scansione in base al grado di attenzione mostrato da Elisa<sup>2</sup>.

I testi così composti sono stati esportati in MsWord (modalità simboli con testo) in modo da permettere agli educatori di ottimizzare l'impaginazione, creando un vero e proprio giornalino Bliss arricchito con delle foto. In alcune sedute sono anche state composte da Elisa alcune domande rivolte a medici del centro, poi stampate e consegnate agli interessati che hanno risposto in italiano.

Il progetto ha permesso a Elisa di ricordare una parte molto importante della propria vita, esprimendo i desideri e le paure vissute, salvando quanto composto in modo permanente, cosa non possibile in precedenza con la sola tabella cartacea.

Con l'aiuto della terapeuta è stato possibile progettare un sistema migliore di illuminazione che evidenziasse in modo più chiaro i simboli durante la scansione manuale. Inoltre, la nuova versione Bliss2003 implementa anche l'importante funzionalità della sintesi vocale in aiuto alla selezione, mentre con la vecchia versione era il terapeuta a leggere il significato dei simboli a Elisa.

### **Comunicare i propri sentimenti**

Un ruolo fondamentale nell'uso di un ausilio informatico, al fine di prevenirne l'abbandono, è svolto dall'ambiente e dagli attori che circondano l'utente [89]. In particolare, la famiglia di Elisa, ha da sempre avuto nella vita della figlia, oltre che un punto di riferimento assoluto, anche una straordinaria caparbia nell'incoraggiarla a comunicare in modo alternativo e in particolare con il Bliss.

Oggi, come tutte le adolescenti, la sua comunicazione non può fermarsi all'aspetto funzionale, non le è più sufficiente far capire i bisogni e le necessità della vita quotidiana, ma, fin da quando l'abbiamo conosciuta, ha subito mostrato la volontà e la forte motivazione di poter comunicare soprattutto i suoi sentimenti, le sue speranze, i suoi stati

---

<sup>2</sup>A tal proposito potrebbe essere utile migliorare il sistema di scansione automatica introducendo l'aggiornamento automatico del tempo di delay (c.f.r. 4.2.3).

d'animo, i desideri che normalmente costudisce una ragazza di questa età.

La perseveranza e la determinazione di Elisa nel raggiungere gli obiettivi prefissati le hanno permesso di superare il primo impatto emotivo e stressante con l'elaboratore elettronico, acquistando, col passare del tempo, molta più dimestichezza e resistenza nell'usare il Bliss2003.

I genitori, hanno ricostruito la tabella cartacea con Bliss2003, per un totale di circa 180 simboli, con i quali Elisa ha potuto comporre circa un centinaio di frasi, spaziando dalla comunicazione di un malessere fisico, agli auguri allo zio, dal desiderio di una gita al mare, all'importanza dell'amicizia:

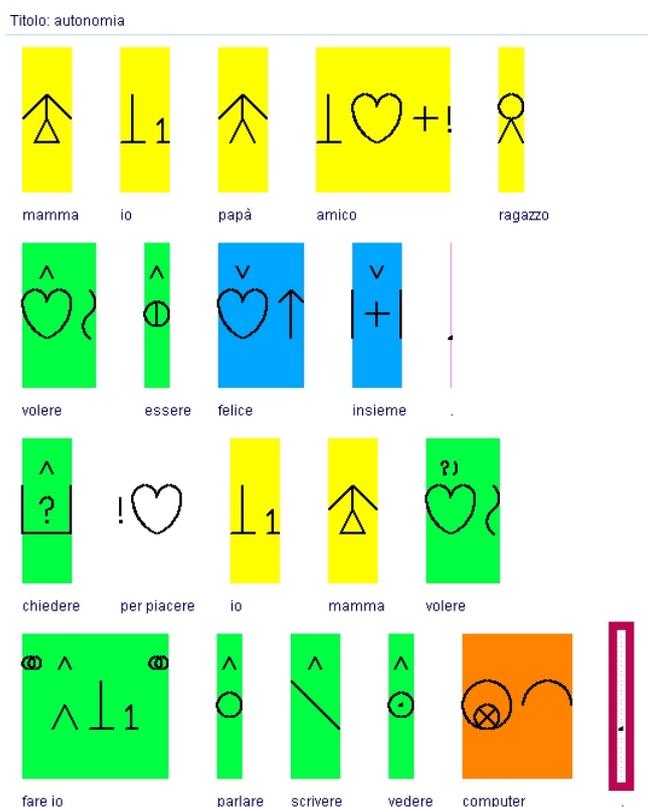


Figura 6.1: Esempio di frase Bliss composta da Elisa

### Diario di scuola

Come emerso dall'analisi delle esigenze (c.f.r. 3.4.1), una delle necessità di Elisa, generalizzabile a tutti i soggetti con disabilità verbale, è la

necessità di intensificare i rapporti con le altre persone, migliorando l'integrazione sociale e potenziando le abilità di comunicazione.

Per provare l'efficacia del Bliss2003, alla luce di questi obiettivi, è stato realizzato un progetto di collaborazione con il Liceo Artistico di Crema, frequentato regolarmente da Elisa, con lo scopo principale di favorire l'integrazione di Elisa nella classe, facilitando la comunicazione con i compagni che non usano il linguaggio Bliss.

Il progetto coordinato dalla psicologa d'istituto e intitolato "Insieme è possibile..." ha visto la partecipazione di tutta la classe, per la durata di quattro mesi. Gli incontri settimanali, della durata di due ore, prevedevano, oltre a Elisa, la presenza della sua assistente, di noi informatici e di tre compagni che ruotavano. All'inizio della seduta venivano mostrate delle foto digitali scattate in settimana dall'assistente che ritraevano Elisa in un momento particolare di vita scolastica (ora di disegno, ornato, inglese, uscite didattiche, ecc.) cercando di ricostruire tutto lo scenario di quel vissuto (ambiente, materiale, compagni, professori, ecc.). In questo modo la ragazza veniva stimolata a ricordare quel preciso momento di scuola, dopo di che componeva le frasi con Bliss2003 raccontando le emozioni, le sensazioni, il suo stato d'animo di quell'occasione, esprimendo anche desideri e preoccupazioni.

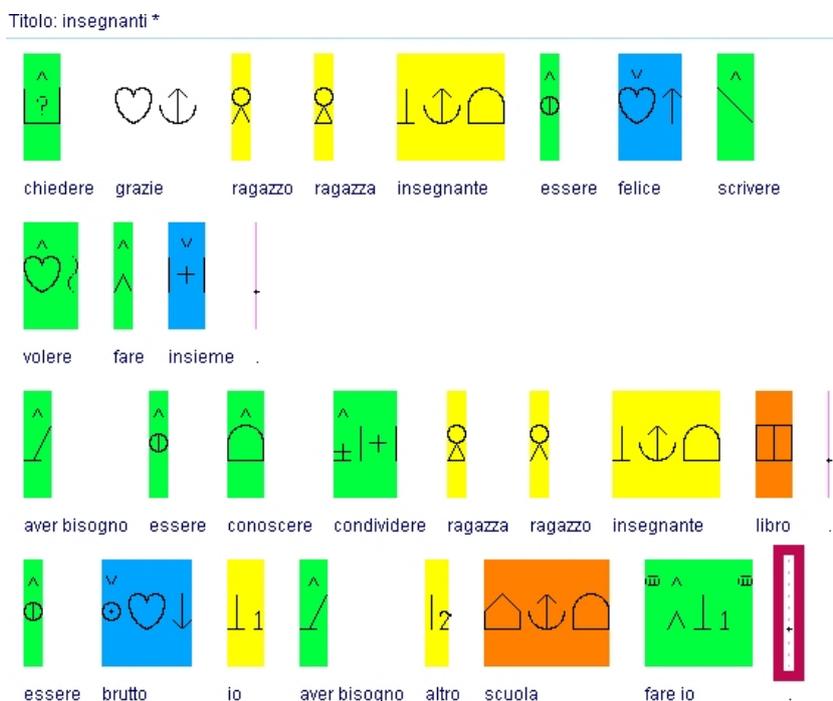


Figura 6.2: Esempio di frase Bliss composta da Elisa

Il testo composto veniva successivamente stampato e con una tecnica di collage e decorazione, i compagni presenti riportavano il tutto su un diario, insieme a una delle foto precedenti. L'incontro terminava scegliendo l'ambito di vita scolastica di cui si sarebbe parlato nella settimana successiva.

Il progetto, nella sua semplicità, ha avuto indubbiamente il pregio di aver avvicinato i compagni di Elisa (ragazze/i di 1<sup>a</sup> superiore) a questo modo alternativo di comunicare. L'uso di Bliss2003 ha sicuramente aiutato l'interazione tra la ragazza e gli amici che durante questi mesi hanno iniziato anche a comporre spontaneamente dei brevi messaggi in Bliss, come risposte a domande che Elisa faceva o come semplici saluti.

Per Elisa l'uso del Bliss2003 in ambito scolastico ha significato aumentare la propria autostima, mostrando ai compagni le proprie abilità comunicative, la propria voglia di parlare, raccontare, ringraziare, componendo davanti a loro le frasi da dire.

Per quanto riguarda più strettamente lo sviluppo del Bliss2003, le ore svolte con questo progetto, oltre che aumentare la stabilità del sistema, ci hanno permesso di valutare le problematiche che incontra non solo il disabile che utilizza il sistema, ma anche una qualunque persona che deve entrare in relazione con Elisa attraverso questo bipolo informatico.

### **6.3 Valutazione dell'Assistente Compositore**

Nella valutazione delle prestazioni del Bliss2003, merita un'attenzione particolare l'Assistente Compositore, componente innovativa di questa tesi. Quando abbinato alla scansione automatica permette una notevole riduzione del tempo necessario per comporre una frase: senza l'Assistente Compositore, un utente medio doveva effettuare circa 8 selezioni per scegliere un simbolo e dato che una frase in genere è costituita da 6 simboli, servivano circa 50 selezioni, per un tempo medio di 5 minuti! L'Assistente Compositore permette la riduzione del tempo fino al 40% con ovvi benefici anche dal punto di vista fisico e psicologico.

Entrando nel dettaglio della sua valutazione, trattandosi di un sistema di predizione basato sul modello probabilistico DAR-HMM, proponiamo di seguito una serie di considerazioni e risultati in termini di probabilità che mirano a evidenziare le buone prestazioni raggiunte.

Sono state studiate delle specifiche simulazioni, sotto determinate ipotesi di lavoro, al fine di semplificare il processo di verifica, utilizzando dei modelli abbastanza semplici, in modo da poter controllare il comportamento dell'Assistente Compositore in tutti i suoi aspetti.

### 6.3.1 Condizioni di test

Per valutare le prestazioni dell'Assistente Compositore abbiamo realizzato due modelli ad-hoc, di dimensioni ridotte, in modo da poter verificare facilmente la stima di corretta predizione.

Il primo modello è costituito da  $N = 4$  stati (sottocategorie) e  $M = 6$  simboli; la fase di training è stata realizzata con una serie di 10 dataset di 30 frasi ciascuno.

I test, realizzati su una macchina di medie prestazioni<sup>3</sup> hanno mostrato che la fase di training può richiedere anche alcuni minuti, ma questo non incide sulla performance del Bliss2003, in quanto può essere eseguito in background, mentre si svolgono altre operazioni. Molto più importante sono invece i tempi di risposta in fase di predizione, in quanto l'utente non può assolutamente permettersi di aspettare 5 secondi prima che venga suggerito un simbolo. I test hanno mostrato come la predizione di un simbolo avvenga, praticamente in modo istantaneo, dopo la scelta di un altro simbolo.

Il secondo modello, per le dimensioni che presenta può già essere considerato un prototipo di un potenziale utente di AAC, dal momento che è costituito da  $M = 18$  simboli e  $N = 8$  sottocategorie. In questo caso per la fase di training sono stati impiegati 6 dataset di 40 frasi ciascuno. Ovviamente con il complicarsi del modello e l'aumento delle dimensioni del dataset, il tempo richiesto dalla fase di apprendimento cresce, ma, cosa più importante, il tempo di predizione resta praticamente invariato.

Nel paragrafo successivo verranno dettagliate le prestazioni del sistema per quanto riguarda la probabilità di corretta predizione, ottenute sempre nelle condizioni sopra specificate. Occorre però precisare che in tal caso i test sono stati condotti avendo impostato a 4 il numero di simboli che venivano suggeriti dall'Assistente Compositore.

### 6.3.2 Prestazioni

Al fine di fornire una valutazione della performance dell'Assistente Compositore per quanto riguarda la probabilità di corretta predizione dei simboli, abbiamo effettuato 110 simulazioni, in cui si andava a verificare, una volta scelto un simbolo, se il successivo suggerito dal sistema fosse veramente quello che ci si aspettava, sulla base dei dataset utilizzati.

Per ogni prova abbiamo poi calcolato la frequenza con cui il simbolo corretto veniva suggerito come primo, secondo, terzo o quarto nella li-

---

<sup>3</sup>La scelta di una macchina di medie prestazioni è giustificata dal fatto che la maggior parte dei centri pubblici non gode di grosse risorse informatiche.

sta dei suggerimenti, oppure se non veniva suggerito. I risultati così ottenuti, trasformati in termini probabilistici, sono riportati nella tabella 6.1, dove si può verificare che la probabilità che su 4 suggerimenti non ci sia il simbolo voluto è molto bassa (0,072).

Simbolo suggerito come	Probabilità
1°	0,455
2°	0,155
3°	0,236
4°	0,082
non suggerito	0,072

Tabella 6.1: Probabilità corretta predizione

Per evidenziare ancora meglio le prestazioni offerte dall'Assistente Compositore abbiamo tracciato un grafico che illustra molto bene alcune funzioni probabilistiche.

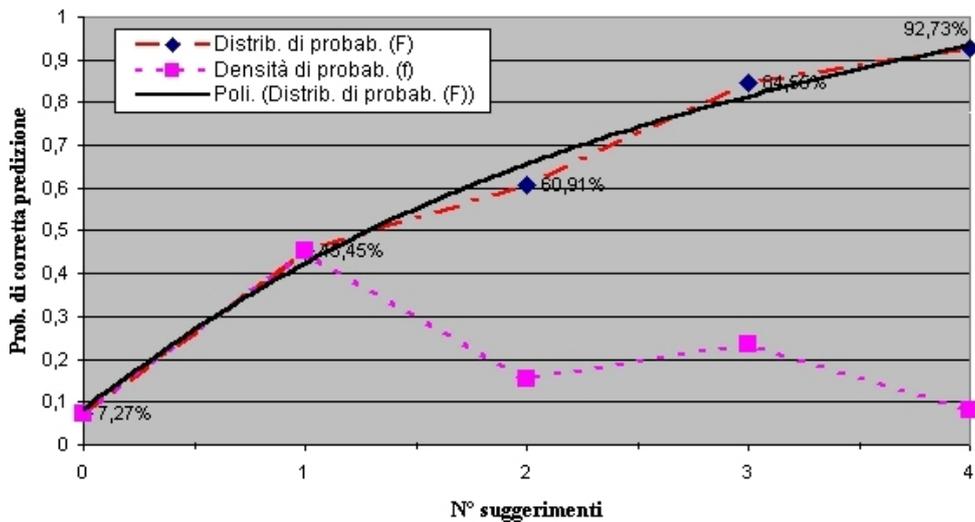


Figura 6.3: Prestazioni dell'Assistente Compositore

La linea spezzata a punti rappresenta la densità di probabilità della variabile aleatoria  $X = \text{simbolo suggerito come } x - \text{esimo}$ <sup>4</sup>. In pratica non è nient'altro che la rappresentazione grafica della tabella precedente.

La linea spezzata tratto-punto rappresenta invece la distribuzione di probabilità della v.a.  $X$ . Da tale andamento si possono dedurre

<sup>4</sup> $X = 0$  significa che il simbolo che ci si aspettava non è stato proposto nella lista dei suggerimenti.

alcune importanti considerazioni: la probabilità che il simbolo voluto venga suggerito come primo è circa pari a 45%, la probabilità che il simbolo voluto sia compreso tra i primi due suggeriti è circa uguale a 61%, ecc. Come si può notare la probabilità che tra i primi quattro simboli proposti dall'Assistente Compositore ci sia quello desiderato è del 92,73%, valore che testimonia l'ottima performance del modello predittivo adottato.

La curva a tratto continuo è stata ottenuta attraverso la linea di tendenza polinomiale di terzo grado della distribuzione di probabilità; il suo andamento è riconducibile a quello di una distribuzione esponenziale.

## 6.4 Misura dell'efficacia

Non è detto che per il fatto che l'ausilio funzioni renda felice e soddisfatto l'utente. A tal proposito diventa fondamentale valutare i miglioramenti introdotti dal Bliss2003, fornendo una misura della sua efficacia.

Con il termine efficacia si intende il grado in cui l'ausilio si rivela capace di conseguire gli obiettivi prefissati di autonomia, ossia quanto accontenta il disabile e in che grado risolve determinati problemi.

Nei paragrafi seguenti affronteremo questo problema attraverso l'uso di due strumenti innovativi utilizzati nel settore dell'Assistive Technology: l'IPPA, appositamente dedicato alla misura dell'efficacia e l'MPT, già impiegato nella valutazione delle esigenze e qui ripreso per fornire un confronto della situazione dell'utente prima e dopo l'uso del Bliss2003.

### 6.4.1 Metodo IPPA

L'IPPA (Individual Prioritised Problems Assessment, ossia Valutazione Individualizzata dei Problemi Prioritari) [4], è uno strumento di origine europea, sviluppato nell'ambito del progetto europeo EATS (Efficiency of Assistive Technology and Services), con lo scopo di fornire una misura dell'efficacia di un ausilio. Il metodo è fortemente centrato sull'utente lasciando a quest'ultimo ampia libertà nella definizione degli obiettivi che intende conseguire con il sistema informatico.

Nel nostro caso abbiamo utilizzato l'IPPA con Elisa al fine di fornire una valutazione del grado di soddisfazione dell'utente (in che misura il Bliss2003 accontenta Elisa) e del livello di raggiungimento degli obiettivi prefissati.

La modalità operativa dello strumento prevede due interviste tra

l'utente (Elisa, famiglia e personale medico) e il fornitore dell'ausilio (noi).

Nella prima intervista, da realizzarsi prima della fornitura dell'ausilio, si chiede all'utente di definire e pesare i problemi che si aspetta di risolvere o migliorare con il Bliss2003. Il metodo, per essere preciso, prevede di identificare sette problemi di una certa consistenza e per ognuno l'utente assegna un punteggio di importanza<sup>5</sup> e difficoltà<sup>6</sup> che comporta l'attività descritta nella vita di tutti i giorni. Questa fase l'abbiamo svolta durante la valutazione delle esigenze (c.f.r. 3.4) in quanto ci ha permesso di capire meglio quali fossero le reali aspettative dell'utente nei confronti del Bliss2003.

Nella seconda intervista, da realizzarsi dopo la fornitura e un certo periodo d'uso dell'ausilio, si chiede all'utente di giudicare il grado in cui i problemi identificati nella prima intervista sono stati risolti, riformulando per ciascuno di essi un punteggio di difficoltà che si incontrano ora nello svolgere le attività descritte. Nella tabella 6.2 sono riportati i risultati ottenuti dalla seconda intervista con Elisa, famiglia e terapeuta AAC.

Da ogni intervista si calcola un punteggio, nel seguente modo:

$$\sum_{i=1}^{num.probl.} (\text{importanza} \times \text{difficoltà})$$

la differenza tra la prima e la seconda intervista dà un'idea dell'efficacia del Bliss2003.

I vantaggi del metodo IPPA sono riconducibili alla velocità di compilazione, all'immediatezza di interpretazione, ma soprattutto al fatto che è centrato sul punto di vista dell'utente. I limiti sono principalmente dovuti al fatto che si tratta di uno strumento giovane, per cui non esistono ancora delle scale di riferimento per la misura ottenuta, ma in un settore come quello dell'Assistive Technology, riteniamo che il numero assoluto abbia comunque poco significato, come si vede dalla tabella 6.3 l'importante è avere un'idea del progresso introdotto dall'ausilio.

Come si nota, appare evidente l'efficacia del Bliss2003, il punteggio di difficoltà è diminuito in tutti i problemi, anche di tre punti, mentre il punteggio totale è quasi dimezzato. Al di là dei numeri, ascoltando i commenti degli utenti del Bliss2003, possiamo affermare che il sistema

---

<sup>5</sup>Scala di importanza: quanto è importante il problema per te? 1. per nulla, 2. non molto, 3. un po', 4. abbastanza, 5. molto

<sup>6</sup>Scala di difficoltà: quante difficoltà incontri nello svolgere questa attività nella vita di tutti i giorni? 1. nessuna, 2. poche, 3. un po', 4. molte, 5. insormontabili

Num.	Descrizione del problema	Importanza	Difficoltà
1	velocizzare la comunicazione	5	2
2	facilitare la scelta dei simboli durante la costruzione della frase	5	2
3	poter comporre la frase in modo più autonomo e indipendente	5	1
4	favorire l'integrazione sociale nei vari ambienti di vita di Elisa, facilitando la comunicazione con gli altri interlocutori che non usano il linguaggio Bliss	5	3
5	ampliare il bagaglio comunicativo non fermandosi ai bisogni, ma poter esprimere pensieri e sentimenti	5	2
6	aumentare la concentrazione rendendo il sistema più interattivo (per quanto riguarda il canale uditivo) e più chiaro (per quanto riguarda il canale visivo)	4	2
7	potenziare l'apprendimento anche a livello scolastico, al di fuori dei normali contesti comunicativi	4	3

Tabella 6.2: Risultati seconda intervista IPPA

ha risolto o comunque migliorato i problemi che si erano definiti nella fase iniziale.

In particolare, in tutti gli ambiti in cui è stato utilizzato il Bliss2003 (c.f.r. 6.2.2) si è notato un notevole incremento della velocità di composizione della frase da parte di Elisa, che grazie agli accorgimenti della nuova versione ha mostrato una maggior concentrazione. Importante a tal proposito è la sintesi vocale in aiuto alla selezione che offre un feedback indispensabile per tutti i soggetti con problemi visivi. Anche la nuova interfaccia iconografica, più uniforme e intuitiva, contribuisce a rendere meno confusionario l'uso e l'aspetto del sistema. Notevoli progressi sono stati riscontrati anche sul versante dell'integrazione sociale, in particolar modo, per quanto riguarda Elisa, nel contesto scolastico.

#### 6.4.2 Ripresa Metodo MPT

Una conferma dell'efficacia del Bliss2003 è data dai risultati emersi dalla seconda somministrazione del metodo MPT (Matching Person and Technology) [89] a Elisa, famiglia e terapeuta AAC. Lo strumento,

<b>Descrizione del problema</b>	<b>Importanza</b>	<b>Diff.1<sup>a</sup></b>	<b>Diff.2<sup>a</sup></b>
velocizzare la comunicazione	5	4	2
facilitare la scelta dei simboli durante la costruzione della frase	5	4	2
poter comporre la frase in modo più autonomo e indipendente	5	4	1
favorire l'integrazione sociale nei vari ambienti di vita di Elisa, facilitando la comunicazione con gli altri interlocutori che non usano il linguaggio Bliss	5	5	3
ampliare il bagaglio comunicativo non fermandosi ai bisogni, ma poter esprimere pensieri e sentimenti	5	4	2
aumentare la concentrazione rendendo il sistema più interattivo (per quanto riguarda il canale uditivo) e più chiaro (per quanto riguarda il canale visivo)	4	4	2
potenziare l'apprendimento anche a livello scolastico, al di fuori dei normali contesti comunicativi	4	4	3
<b>PUNTEGGIO</b>		<b>137</b>	<b>70</b>

Tabella 6.3: Confronto tra i risultati della prima e seconda intervista IPPA

infatti, pur essendo studiato per prevenire l'abbandono dell'ausilio identificando le esigenze dell'utente, prevede anche la possibilità di essere utilizzato come metodo per valutare l'efficacia.

A tal proposito abbiamo sottoposto nuovamente a Elisa, famiglia e terapeuta il questionario SOTU (tab. 6.4) e il questionario ATD PA (tab. 6.5), dopo un certo periodo d'uso del Bliss2003, in modo da confrontare i risultati con quelli ottenuti dalla prima somministrazione dello strumento, avvenuta nella fase iniziale di individuazione delle esigenze (c.f.r. tab. 3.2 e tab. 3.3).

A conferma di quanto detto nel paragrafo precedente, si può constatare il beneficio introdotto dal Bliss2003, confrontando i punteggi della prima e seconda intervista. Per quanto concerne il questionario SOTU (tab. 6.6) occorre mettere in evidenza come sia diminuito il numero di risposte negative relative agli aspetti sociali, alla luce dei progressi relativi all'integrazione sociale e comunicativa. Per quanto riguarda il questionario ATD PA (tab. 6.7) si può notare come sia nettamente

Categoria	Positive	Indifferenti	Negative
Esperienze con le tecnologie	5	0	0
Punto di vista sulle tecnologie	6	2	0
Attività più frequenti	3	1	0
Caratteristiche personali/sociali	8	3	3
<b>Totale</b>	22	6	3

Tabella 6.4: Punteggi seconda intervista questionario SOTU per l'utente

Area	Punti
Disabilità	3,28
Ausilio	4,6
Ambiente	3,71
Carattere	4,25

Tabella 6.5: Punteggi seconda intervista questionario ATD PA per l'utente

migliorato il punteggio ottenuto nell'area "disabilità", a dimostrazione di come la nuova versione abbia contribuito a potenziare le abilità di comunicazione di Elisa.

Intervista	Positive	Indifferenti	Negative
1 <sup>a</sup>	10	12	9
2 <sup>a</sup>	22	6	3

Tabella 6.6: Confronto punteggi prima e seconda intervista questionario SOTU

Area	Punti 1 <sup>a</sup> int.	Punti 2 <sup>a</sup> int.
Disabilità	1,214	3,28
Ausilio	4,3	4,6
Ambiente	3,571	3,71
Carattere	4,027	4,25

Tabella 6.7: Confronto punteggi prima e seconda intervista questionario ATD PA



## Capitolo 7

# Conclusioni e sviluppi futuri

---

*“Back then  
pointing at everything to be understood.  
Nonverbal people were bottled up inside.  
Along came the bliss board with symbols.  
Now there are talking computers.  
What does the future hold?  
The privilege to talk is a gift.  
The bliss board and computers  
broke the silence.”*

*(Bryan Lamont, utente Bliss)*

## 7.1 Introduzione

In questo capitolo si vogliono formulare una serie di conclusioni dedotte dai risultati sperimentali ottenuti e illustrati nel capitolo precedente, fornendo una valutazione globale del lavoro svolto alla luce delle esigenze degli utenti e degli obiettivi che ci eravamo posti in partenza. Verrà pertanto sintetizzato sia il grado di raggiungimento degli obiettivi proposti con questa tesi, sia le qualità del sistema realizzato.

Accanto a queste considerazioni finali, nella sezione 7.3 sono presentati alcuni possibili (principali) ampliamenti futuri che possono interessare il Bliss2003. La maggior parte delle estensioni proposte sono emerse direttamente dalle considerazioni fatte dagli utenti nei centri specializzati presso cui abbiamo svolto la sperimentazione, nell'intenzione ancora una volta di mettere l'utente al centro dello sviluppo del sistema.

Il particolare processo produttivo e lo stile di codifica impiegati nello sviluppo del Bliss2003 (c.f.r. 3.4.3), hanno permesso di ottenere un sistema altamente flessibile, facilmente estendibile e adattabile ai cambiamenti nelle esigenze di utilizzazione. Come si potrà constatare, il Bliss2003 può essere arricchito di parecchie funzionalità, alcune di carattere fortemente innovativo e tecnologico (palmare, chat, nuove interfacce, ecc.) altre rivolte al miglioramento e potenziamento delle caratteristiche già presenti (aggiornamento sintesi vocale, scansione automatica, posta elettronica, ecc.). Tutti gli sviluppi proposti possono essere oggetto di progetti e tesi di laurea in particolar modo per studenti informatici ed elettronici.

## 7.2 Conclusioni

Il sistema informatico Bliss2003 è stato pensato come estensione del Bliss2000, nell'ottica di arricchirlo di nuove funzionalità che rispondessero ai reali bisogni dell'utente. L'intero processo di sviluppo ha visto come protagonista il disabile verbale, ottenendo così una serie di specifiche reali e attente alle esigenze degli utenti che effettivamente usano l'applicativo.

Fondamentale per questo è stata la collaborazione avviata con alcuni centri specializzati del cremasco (PoloH e Servizio di Neuropsichiatria Infantile), in cui la vecchia versione Bliss2000 è stata testata da una serie di utenti diversamente abili per un totale di 150 ore. Questa fase è stata molto importante, in primo luogo perchè ci ha permesso di rilevare parecchi malfunzionamenti poi corretti dalla successiva attività di debugging. In secondo luogo perchè ha contribuito a raccogliere una

serie di osservazioni, critiche e proposte di nuove funzionalità che secondo il personale medico (neuropsichiatri, psicologi, terapisti di AAC) avrebbero potuto arricchire la nuova versione.

Questa serie di requisiti, uniti alle esigenze evidenziate negli incontri con Elisa, caso di studio da noi seguito, hanno portato allo sviluppo del Bliss2003 che vede l'implementazione di quattro principali funzionalità:

**Assistente Compositore:** per rispondere alle esigenze di velocizzare la comunicazione concedendo una maggior autonomia all'utente in fase di composizione del testo;

**Interfaccia Iconografica:** con lo scopo di ridisegnare l'intera raccolta di icone secondo uno stile più semplice, immediato e uniforme, riprogettando le barre degli strumenti in modo da non disperdere l'attenzione dell'utente;

**Sintesi Vocale in aiuto alla selezione:** per rendere meno difficoltosa la scelta dei simboli ai soggetti con problemi di vista, attraverso un feedback audio che legge il significato del simbolo correntemente selezionato;

**Caratterizzazione simbolica:** con l'obiettivo sia di rendere il sistema aperto ad altri linguaggi di AAC e sia di allargare in modo più efficiente e facile i contesti comunicativi dell'utente.

In particolare lo sviluppo dell'Assistente Compositore ha richiesto la realizzazione di un modello probabilistico ideato ad-hoc per l'applicazione in questione e denominato DAR-HMM (Discrete AutoRegressive Hidden Markov Model). Gli HMM sono un'estensione dei classici modelli Markoviani, con la differenza che gli stati non sono direttamente osservabili e i simboli emessi dipendono da una certa distribuzione di probabilità nota. Negli AR-HMM, particolarmente adatti ad applicazioni nel campo dei processi di riconoscimento del parlato, si ha che l'uscita dipende non solo dallo stato in cui ci si trova, ma anche dall'uscita precedente, attraverso un modello di regressione. Il modello da noi ideato può essere considerato una variante degli AR-HMM con una distribuzione discreta associata alle osservazioni (simboli Bliss), da cui il nome DAR-HMM. L'implementazione si è basata sull'algoritmo di apprendimento supervisionato, adattando la classica fase di training, basata sul metodo di Baum-Welch, al nuovo modello adottato, con una serie di accorgimenti tipici dell'area del machine learning.

I test sperimentali e le simulazioni condotte sull'Assistente Compositore hanno mostrato una buona performance di predizione: con 4

suggerimenti si ha una probabilità al peggio pari al 92,73% che il prossimo simbolo desiderato sia tra quelli proposti dal sistema. Questo incide enormemente sui tempi di composizione delle frasi Bliss, riducendo notevolmente la fatica dell'utente, aspetto non indifferente soprattutto nel caso di soggetti con grosse difficoltà fisiche.

Una conferma dell'efficienza dell'intero Bliss2003 la si ha osservando i risultati ottenuti dallo strumento IPPA che fornisce una misura dell'efficacia degli ausili informatici, basandosi sulla valutazione diretta dell'utente che ha utilizzato il sistema. Nel complesso si è verificato che il Bliss2003 ha risolto o comunque migliorato i problemi che si erano posti nella fase iniziale, rivelandosi un buon sistema di Assistive Technology.

### 7.3 Possibili futuri ampliamenti

Durante la fase di analisi delle esigenze, sia da parte degli utenti che del personale medico, sono emerse parecchie idee di possibili futuri ampliamenti.

Di seguito riportiamo una tabella riassuntiva con tutte le proposte raccolte durante la sperimentazione sul campo<sup>1</sup>; sono catalogate con un grado di priorità che indica l'importanza e l'urgenza che ricopre la nuova funzione/estensione proposta.

Num.	Descrizione	Priorità
1	Integrazione maggiore con la suite di Ms Office con l'invio del testo o simbolo anche a Excel, Access, PowerPoint.	★
2	Studiare la possibilità di passare da italiano a Bliss, utile per chi non conosce il Bliss e vuol comunicare col disabile.	★
3	<i>Riprogettare l'interfaccia grafica in modo che sia più omogenea e intuitiva (v.icone).</i>	★★★
4	Strutturare un report per le verifiche con gli utenti.	★
5	Aggiornare il motore di sintesi vocale.	★
6	Oltre ad inviare il testo per email si potrebbe inviare, come allegato, la traduzione corrispondente in Bliss.	★★

<sup>1</sup>In corsivo le estensioni già implementate nel Bliss2003.

7	Semplificare l'interfaccia grafica scomponendo l'applicazione in strati diversi, in modo da poter attivare certe funzioni solo quando l'utente ha raggiunto un certo grado di apprendimento.	★★★
8	Sviluppare l'interprete semantico in modo che sia aperto a sviluppi futuri dell'applicativo e permetta di gestire la semantica anche di frasi contenenti simboli creati dall'utente attraverso foto/disegni.	★★
9	Ingrandire lo spessore delle linee dei bottoni Bliss contenuti nella barra di sinistra.	★
10	Integrazione maggiore con Internet: creare una interfaccia per avere un motore di ricerca in Bliss, barra degli indirizzi in Bliss, testo delle pagine web tradotto in Bliss, chat in Bliss.	★
11	Fare un tasto di ripristino impostazioni standard.	★
12	Creare una ricerca anche per codice BCI, utile per terapeuta.	★
13	Eliminare l'ambiente nero (Lavagna) e includere le sue funzioni nell'ambiente blu.	★
14	Dare la possibilità all'utente di avere tutta la tabella ordinata alfabeticamente o per categoria: con la pressione di un bottone cambia l'impostazione della tabella.	★
15	Le foto dei profili utenti andrebbero inserite in un modo più semplice e sicuro: per esempio attraverso una finestra di dialogo e NON mettendo direttamente la foto nella directory.	★
16	Studiare un'interfaccia con dispositivo esterno come tavoletta grafica, in modo che l'utente abbia sott'occhio tutta la tabella.	★
17	Sintesi vocale sui bottoni dei comandi, come un lettore di quel che c'è a video.	★
18	<i>Sintesi vocale in aiuto nella selezione: quando ci si muove sui simboli con tastiera, mouse o scansione automatica, occorrerebbe avere una lettura vocale del simbolo, sarebbe un feedback importante per gli utenti, soprattutto per chi ha problemi di vista.</i>	★★★
19	Programma ingrandente: associare ad un bottone la chiamata a Magnifier, applicazione ingrandente già inclusa nel S.O., utile per disabilità visive.	★
20	<i>Per facilitare l'uso del tastone quando è collegato via mouse è necessario bloccare il puntatore del mouse nella zona del tastone verde e sbloccarlo con doppio click.</i>	★★★

21	Rendere il modulo di gestione email completamente accessibile all'utente disabile: nella rubrica al posto dei nomi in caratteri inserire le foto del destinatario.	★
22	Riprogettare la scansione automatica in modo che sia più intelligente (non passi su celle vuote, sia predittiva: dopo persona probabilmente seguirà verbo, quindi prossima scansione ricomincia da verbi) e abbia diverse modalità di funzionamento (riga-colonna, colonna-riga, lineare, vocale).	★★
23	Quando viene selezionato un simbolo dare la conferma vocale: il simbolo scelto viene letto.	★
24	Raggi infrarossi per comandare l'ambiente circostante (domotica).	★
25	<i>Permettere che la scansione automatica possa incominciare anche da una visualizzazione della tab.2x2 e non necessariamente dal tabellone totale. Questo per utenti che non sanno distinguere le categorie di simboli.</i>	★★★★
26	Palmare: spostare il Bliss2000 su palmare e permettere che due disabili possano parlarsi utilizzando modulo chat su palmare, oppure un disabile possa comunicare con normodotato attraverso sintesi vocale del palmare.	★
27	Modulo che permetta di far comunicare due disabili via internet, non per email, ma chat.	★
28	Includere il tempo imperfetto nella scelta per la coniugazione dei tempi verbali.	★
29	<i>Oltre ad inviare il testo a Ms Word sarebbe utile inviare anche i simboli, o poter scegliere se inviare solo testo/solo simboli/testo e simboli.</i>	★★
30	<i>Cambiare il colore del riquadro della scansione automatica: verde non si vede nel momento in cui i simboli hanno lo sfondo verde.</i>	★★★★
31	Permettere una gestione più efficiente e semplificata dei simboli contenenti oggetti OLE, dando la possibilità di gestirli come i simboli Bliss: copia, incolla, modifica.	★
32	<i>Permettere di esportare le tabelle utente in modo semplice senza dover copiare manualmente i file dati.</i>	★★
33	Dare la possibilità di scegliere se nella scansione automatica si vuole la cornice o lo sfondo che cambia sui simboli da selezionare.	★★
34	Quando il tastone viene tenuto premuto (non rilasciato istantaneamente), viene catturato solo un evento (singolo click e non click continuo fintanto che è premuto).	★

Insieme alla dott.sa Gava abbiamo valutato questo elenco di proposte (da cui hanno preso forma anche le nuove funzionalità implementate in Bliss2003) che si presenta molto eterogeneo, sia in termini di complessità delle singole estensioni (dal basso all'alto livello), sia per quanto riguarda l'utilità ricoperta.

Pertanto sono stati individuati alcuni macro-progetti che verranno dettagliati nei paragrafi successivi e che potrebbero essere argomento di futuri lavori di tesi-tesine. Sottolineamo, però, che il sistema Bliss2003 può essere arricchito di molte altre funzionalità, in base alle nuove esigenze che si potrebbero verificare nei tempi futuri. A questo proposito, consigliamo ai futuri sviluppatori di valutare attentamente i reali bisogni dell'utente, in modo da evitare la realizzazione di sistemi che poi si dimostrano essere inutili.

### 7.3.1 Palmare

La realizzazione di una versione Mobile Bliss per sistemi palmari permetterebbe sicuramente di raggiungere due importantissime proprietà:

- facilità e flessibilità di comunicazione in formato elettronico;
- portabilità del *Bliss2003* mediante dispositivi palmari.

Il principale problema di tale applicativo risiede nel fatto che la comunicazione richiede la presenza di un computer per ogni persona, seppure è ottimale per ottenere una comunicazione a distanza, può essere problematico qualora le due persone siano vicine. Tale problema può essere superato sviluppando la portabilità del Bliss2003.

Ottenere la portabilità dei computer su cui poter usare un applicativo di comunicazione basato sul Bliss risulta essere un passo importante, sia dal punto di vista delle opportunità offerte all'utente, sia per quanto riguarda l'aspetto tecnologico, dato che si tratta di un settore tuttora in via di espansione e con grandi tematiche di ricerca.

Il poter disporre di strumenti portatili permette un maggiore grado di interazione, in particolar modo:

- due disabili possono comunicare mandandosi messaggi in estrema vicinanza (fino a m.10), similmente ad una chat, sfruttando un possibile modulo descritto nella sezione 7.3.3 ma in versione alleggerita;

- un disabile può comunicare con una persona normodotata sia come nel caso in cui fossero tutti e due disabili, ma anche utilizzando un sintetizzatore vocale, facilitando quindi l'interazione con le persone normodate che non comprendono il Bliss;
- un disabile può comporre il suo messaggio ovunque si trovi e può mandare via internet o intranet il suo messaggio ad un attore remoto.

Il sistema risultante è sintetizzato nello Use Case Diagram in figura 7.1, in cui vengono messe in evidenza ogni forma di interazione tra l'attore "persona disabile" e l'attore "computer palmare".

In questo caso le funzioni aggiuntive riguardano esclusivamente il modulo di gestione degli SMS, d'altra parte il grosso del lavoro coinvolge la trascrizione del codice per dispositivo palmare.

### 7.3.2 Ubiquitous Computing

L'obiettivo è la ricerca di una via da intraprendere per poter proseguire il processo di integrazione dei disabili all'interno della società. Occupandoci di tecnologie informatiche, ci limitiamo a fornire idee a riguardo.

Da un'analisi dello stato dell'arte delle tecnologie informatiche distribuite [39] si ritiene che la via da percorrere sia quella relativa all'ubiquitous computing. In termini non tecnici è possibile sintetizzare tale idea in: dotare ogni persona e luogo di dispositivi informatici intelligenti che possano fornire capacità aggiuntive.

Il caso proposto precedentemente, relativo all'utilizzo del palmare, è un primo passo in questa direzione, in quanto un individuo viene dotato di un elemento computazionale mobile. Il poter dotare le persone e l'ambiente di dispositivi permette di aggiungere funzionalità e capacità sia all'ambiente che alle persone che vi risiedono, e soprattutto fare in modo che l'ambiente possa offrire dei servizi alle persone.

Nel contesto ubiquitous computing è stato infatti introdotto il concetto di "augmented reality" [39], e mai quanto nel caso della comunicazione alternativa si ritiene necessario il poter usufruire di canali aggiuntivi come quelli forniti appunto dall'augmented reality. Le tecnologie dell'ubiquitous computing sono applicabili anche in contesti più ampi, ad esempio a tutto il mondo della disabilità e oltre, questo per far notare il fatto che l'utilizzo nel contesto della comunicazione alternativa rappresenta solo un piccolo sottocaso di un mondo assai più vasto ancora da esplorare.

In termini di specifiche è possibile individuare due attori principali: un primo attore è costituito dalla "persona disabile" che è mobile e

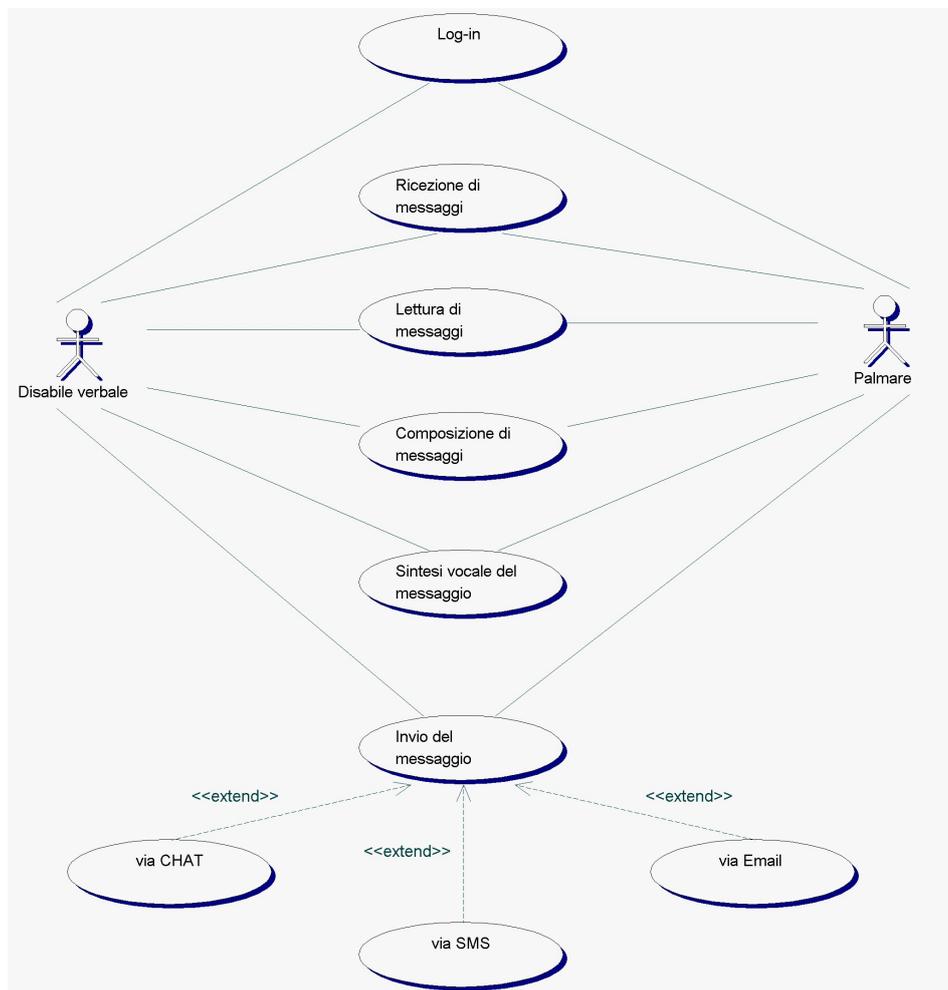


Figura 7.1: Use Case Diagram del Portable Bliss2003

attiva e che si trova all'interno del secondo attore, l' "ambiente", il quale è invece fisso e reattivo.

Una prima descrizione del sistema risultante può essere fornita dallo Use Case Diagram in figura 7.2, in cui viene riportata la relazione tra i due attori, in particolar modo le forme di interazione tra di essi. In questo diagramma si sono trascurati i vari elementi dell'offerta di servizi, in quanto ogni particolare istanza presenta una sua specifica offerta di servizi. L'attore "Various Area Network" indica la presenza di una generica rete di comunicazione a cui l'attore "ambiente" può connettersi.

Si possono riconoscere tre tipi di interazione: una prima costituita dal riconoscimento dell'individuo (*riconoscimento*), fase necessaria per

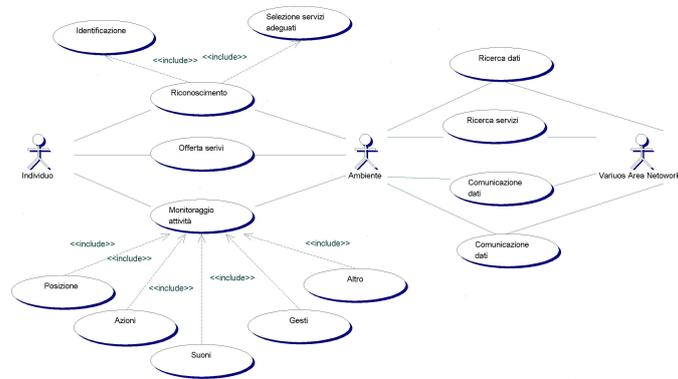


Figura 7.2: Use Case Diagram di un ambiente intelligente interagente con un individuo che vi risiede

identificare l'individuo e per poter personalizzare di conseguenza i servizi; una seconda costituita dal monitoraggio delle attività di tale persona ad opera dell'ambiente (*monitoraggio attività*), tale fase è necessaria per fare in modo che l'ambiente sia a conoscenza di cosa sta avvenendo al suo interno e poter comportarsi in modo adeguato, sia in modo reattivo che in modo intelligente; l'ultima costituita dall'esecuzione dei servizi che l'ambiente offre (*offerta servizi*).

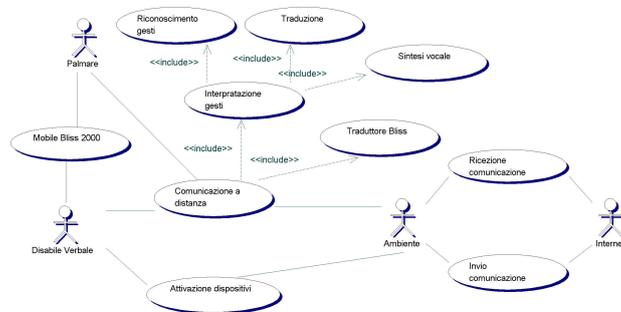


Figura 7.3: Use Case Diagram di un ambiente intelligente per un disabile verbale

I servizi che possono essere offerti dall'ambiente alla persona disabile, limitandoci al contesto comunicativo, possono essere:

- riconoscimento del linguaggio dei gesti e traduzione;
- riconoscimento del linguaggio Bliss e traduzione;
- comunicazione a distanza con una persona remota;

- attivazione automatica dei dispositivi che pervadono l'ambiente;
- integrazione del palmare dotato di *Mobile Bliss*.

In figura 7.3 è riportato lo Use Case Diagram che ne risulta. Il disegno progettuale prevede che un disabile che entri all'interno di un ambiente attrezzato venga individuato e riconosciuto (1), venga monitorato per poter conoscere cosa sta facendo e con chi o cosa sta interagendo in quel preciso momento (2), che l'ambiente possa riconoscere contesti particolari in cui sia necessario attivare particolari dispositivi (ad esempio in presenza di chiamate telefoniche esterne per un disabile che non può udire) (3). Dal punto di vista pratico si individuano le seguenti vie di approfondimento:

- utilizzo di dispositivi intelligenti (in letteratura *smart devices* [39]) come lavagne, tastiere, o quanto altro che possa essere integrato all'interno della casa ai fini di fornire servizi quanto più differenziati ed utili alle persone disabili;
- utilizzo di tecniche di IA per poter fornire una intelligenza ai singoli dispositivi (in letteratura *context aware communication* [39]) ai fini di avere un sistema di comunicazione che si adatti quanto più possibile al particolare disabile e al tempo stesso al contesto in cui quel particolare disabile si trovi.

Proseguendo nell'ottica dell'ubiquitous computing è possibile successivamente pensare a un sistema sempre più integrato che permetta di comunicare con qualunque entità all'interno di ampi spazi sia metropolitani sia aperti.

### 7.3.3 Modulo Chat

Allo stato attuale, il Bliss2003 presenta una scarsa flessibilità nel ricevere e inviare i messaggi<sup>2</sup>.

Rendere più flessibile e immediato il sistema di comunicazione permetterebbe una maggiore facilità di invio e ricezione messaggi, ai fini di ottenere applicativi molto simili a delle chat in cui la particolarità risieda nel fatto che il linguaggio utilizzato sia il Bliss invece che il linguaggio naturale. L'utilizzo di un simile applicativo faciliterebbe la comunicazione tra due persone, velocizzandone il processo.

---

<sup>2</sup>È possibile inviare automaticamente il testo di una frase scritta, ma per inviare anche i simboli occorre allegare il file ottenuto precedentemente con l'esportazione in MsWord dei simboli.

Lo scenario in cui siano presenti due persone rappresenta un caso semplice, ma equivale al caso in cui la comunicazione avvenga tra numerosi disabili. La presenza di due persone che vogliono comunicare permette il formarsi di un nodo che costituisce il tramite comunicativo; lungo tale tramite scorrono le comunicazioni. Ogni disabile può inviare un proprio messaggio in linguaggio Bliss, nel comporre tale messaggio può utilizzare una tabella personalizzata creata in precedenza, può ricevere messaggi di risposta, rispondere a sua volta, e così via. Qualora siano presenti più di due disabili è possibile fare in modo che siano presenti sia comunicazioni tra coppie di disabili che per persone multiple contemporaneamente. Quello che ne risulta è sintetizzato nello Use Case Diagram in figura 7.4.

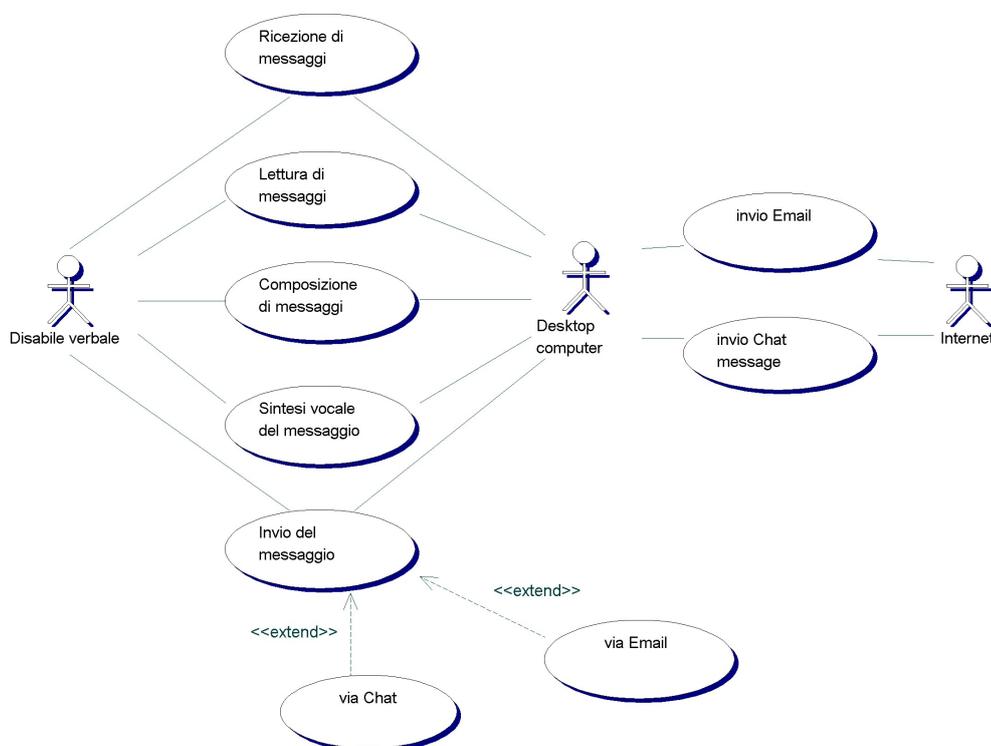


Figura 7.4: Use Case Diagram del Bliss2000 con modulo Chat

Le funzioni aggiuntive riguardano quindi un modulo di interfaccia utente ed interfacciamento con internet ai fini di gestire l'invio e la ricezione di messaggi di tipo chat.

### **7.3.4 Maggior integrazione con Internet**

Bliss2003 è allo stato attuale un sistema che può inviare posta elettronica e incorpora già la possibilità di esportare i propri simboli nei formati *.gif* e *.jpg*.

Se opportunamente ampliato Bliss2003 può divenire in grado di rendere condivisibili in internet i propri testi con i simboli ad esempio per chiacchierare in linea o per gestire archivi condivisi di simboli Bliss.

Un'altra estensione realizzabile, che prevede però un notevole sforzo progettuale, consiste nel creare un assistente navigatore che si sovrapponga al normale browser per poter navigare in internet usando il linguaggio Bliss.

Le prospettive di utilizzo di Bliss2003 in Internet nasceranno con il suo attuale utilizzo e con la fantasia di chi vorrà continuare questo lavoro.

### **7.3.5 Miglioramento interfaccia per posta elettronica**

La gestione della posta elettronica è demandata a un modulo che consente di archiviare gli indirizzi di posta elettronica in modo testuale; un lavoro interessante di piccola entità è lo sviluppo di un modulo che consenta al disabile non solo di scegliere fra gli indirizzi esistenti quello a cui inviare il messaggio, cosa già implementata, ma anche di inserire da sé gli indirizzi ed eventualmente le foto dei propri amici.

Sarebbe molto importante rendere l'interfaccia utente completamente accessibile a chi non sa leggere attraverso il tradizionale codice alfabetico, utilizzando icone, immagini o comandi scritti in linguaggio Bliss. Da studiare sia le modalità implementative che la struttura dell'interfaccia grafica.

Si tenga conto che il programma per la gestione della posta elettronica è un modulo esterno, e quindi questo lavoro di aggiornamento è circoscrivibile ad esso.

### **7.3.6 Potenziamiento della scansione**

La scelta di un sistema di scansione deve sempre contemperare le diverse e spesso contraddittorie esigenze dei singoli utenti. Risulta quindi di estrema importanza la possibilità di poter scegliere la modalità di selezione e il tipo di scansione più adatti al disabile, così da garantire un'ampia flessibilità. Per questo motivo si potrebbero implemen-

tare le diverse soluzioni esistenti in letteratura<sup>3</sup> dando la possibilità dall'ambiente opzioni di attivare la soluzione più adeguata.

Un ulteriore sviluppo potrebbe essere rivolto all'argomento della scansione anche sui bottoni delle barre dei comandi, in modo da permettere un uso completo del Bliss2003 mediante sensori, aumentando l'autonomia e l'autostima del soggetto disabile.

Inoltre, nell'ottica di rendere il sistema ancor più aperto ad altri usi, si può associare ad alcuni simboli speciali dei comandi del sistema operativo, avvio di programmi, macroistruzioni di varia natura, compresa la possibilità di attivare menù a tendina, di gestire finestre di dialogo, di avviare file contenenti messaggi in voce digitale o di utilizzare programmi di controllo ambientale. Questa soluzione sarebbe molto utile a tutti gli utenti con gravi handicap fisici, ma con enormi potenzialità cognitive, in modo che possano sfruttare al meglio le nuove tecnologie.

### 7.3.7 Aggiornamento sintesi vocale

Attualmente il sistema di sintesi vocale implementato in Bliss2003 si appoggia su un programma esistente di basso costo e facilmente interfacciabile al nostro applicativo: PCVoice della Synthema.

Nonostante questi vantaggi, le prestazioni della sintesi sono molto discutibili: accettabili per un uso saltuario, ma scarse per chi intende sfruttare al massimo tale canale comunicativo.

È auspicabile un aggiornamento di tale motore vocale, puntando su una soluzione commerciale, sempre facilmente integrabile con l'applicativo, che offra una sintesi più fluida e vicina al linguaggio umano.

Da una ricerca che abbiamo condotto in questo settore, tuttora in via di sviluppo, possiamo affermare che esistono diversi prodotti di medio livello, ma se si intende realizzare un'interfaccia audio di alte prestazioni, la scelta dovrebbe ricadere su applicativi impiegati anche negli attuali sistemi telefonici a risposta vocale automatizzata.

Tra tutti dobbiamo citare il sistema vocale *LoquendoTTS*<sup>©</sup> (Text To Speech)<sup>4</sup> che offre ottime prestazioni in termini di enfasi, tono, fluidità della parlata. Nonostante sia disponibile sul mercato a prezzi molto elevati, l'azienda distribuisce agli sviluppatori una serie di librerie, a prezzi contenuti, se le applicazioni che si realizzano sono dedicate ai disabili.

L'impiego di una sintesi vocale, di simili potenzialità, in Bliss2003, rappresenterebbe un importante passo verso l'integrazione del disabile

---

<sup>3</sup>Una descrizione dettagliata dei diversi metodi di scansione e selezione è contenuta nelle sezioni 4.2.2 e 4.2.3

<sup>4</sup>Ulteriori informazioni, con una versione demo gratuita, sono disponibili al sito della Loquendo [102].

verbale con la società che non usa il linguaggio Bliss come codice di comunicazione.

Trattandosi di un modulo esterno, quello proposto non dovrebbe essere un lavoro molto dispendioso, anche perchè non richiede di conoscere l'intera architettura del Bliss2003, ma si tratterebbe di interfacciare correttamente il programma di sintesi vocale con l'ausilio.

### **7.3.8 Integrazione di interfacce innovative**

Per facilitare l'uso del sistema Bliss2003 anche a soggetti con gravi handicap motori, oltre a impiegare gli ausili (sensori e sistemi di puntamento) disponibili in commercio, si potrebbe studiare la realizzazione di altre interfacce innovative, in base alle specifiche esigenze di alcuni utenti.

Nel settore dell'Assistive Technology è infatti quasi impossibile realizzare delle interfacce standard, ossia universalmente adattabili a tutti gli utenti, in quanto ogni soggetto presenta particolari problemi difficilmente riscontrabili allo stesso modo in altri soggetti. Prendendo in esame alcuni casi di studio si potrebbero sviluppare, dispositivi hardware come, ad esempio, una tavoletta grafica, in modo che l'utente che fatica ad alzare lo sguardo, possa tenere tutta la tabella sulle gambe, semplificando così la scelta dei simboli.

### **7.3.9 Testing Bliss2003**

Qualora si decidesse di commercializzare il Bliss2003, occorrerebbe condurre una sistematica fase di testing e debugging in alcuni centri specializzati, con lo scopo di aumentare l'affidabilità del sistema e di verificare meglio le nuove funzionalità introdotte in questa versione.

A tal proposito suggeriamo di seguire il processo di verifica già adottato per il testing del Bliss2000 e largamente documentato nella sezione 3.3 di questa tesi. Riteniamo infatti fondamentale testare il sistema direttamente nel dominio applicativo in cui verrà effettivamente utilizzato, in modo da non affidarsi solamente all'esperienza dello sviluppatore che spesso trascura o sottovaluta tale fase.



# Bibliografia

- [1] ACM Sigsoft. *Third Symposium on Software Testing, Analysis, and Verification*, volume 14 of *Software Engineering Notes*, 1989.
- [2] S. Amari, M. Finke, K. R. Muller, N. Murata, and H. Yang. Asymptotic statistical theory of overtraining and cross-validation. Technical Report METR 95-06, Departement of Mathematical Engineering and Information, Physics, University of Tokyo, Tokyo, 1995.
- [3] F. Amigoni, V. Schiaffonati, and M. Somalvico. The bipolar man framework for human-centred intelligent systems. *International Journal of Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems, KES International*, 7(1):23–29, 2003.
- [4] R. Andrich, L. deWitte, M. Ferrario, O. Lorentsen, B. Oberg, W. Oortwijn, J. Persson, T. VanBeekum, and R. Wessels. IPPA: a user centred approach to assess effectiveness of assistive technology provision. *Technology and Disability*, 13(2):105–116, 2000.
- [5] S. Andronico, C. Bitelli, and F. Gamberini. Gli ausili tecnologici: una meta possibile. Technical report, GLIC: gruppo di lavoro interregionale centri ausili informatici ed elettronici per disabili, Bologna, 2000.
- [6] P. Atzeni, S. Ceri, S. Paraboschi, and R. Torlone. *Basi di dati*. McGraw-Hill, Milano, 1999.
- [7] L. Bahl, L. Jelinek, and R. Mercer. Design of a linguistic statistical decoder for the recognition of continuous speech. In *IEEE Transactions on Information Theory*, number 3 in IT-21, pages 250–256. IEEE Computer Society Press, 1975.
- [8] G. Barra. *Le A della mia vita*. Tipolito Uggè, Crema, 1999.
- [9] G. Barruto. *La sociolinguistica*. Zanichelli, Bologna, 1974.

- [10] L.E. Baum and T. Petrie. Statistical inference for probabilistic functions of finite state markov chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, 37:1554–1563, 1966.
- [11] L.E. Baum, T. Petrie, G. Soules, and N. Weiss. A maximization technique occurring in the statistical analysis of probabilistic functions of markov chains. *The Annals of Mathematical Statistics*, 41(1):164–171, 1970.
- [12] D. Beukelman, K. Legresley, J. Matas, and P. Mathy-Laikko. Identifying the non-speaking population: A demographic study. *AAC*, 1:17–31, 1985.
- [13] J.A. Bilmes. A gentle tutorial of the EM Algorithm and its application to parameter estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models. Technical report, Department of Electrical Engineering and Computer Science at University of California, Berkeley, 1998.
- [14] R. Bissi, M. Cannao, G. Cossu, M.L. Gava, G. Moretti, M. Somalvico, and G. Stella. *La comunicazione alternativa. Sistemi comunicativi nelle disabilità verbali*. Franco Angeli, Milano, 1991.
- [15] C. Bitelli, E. Hoogerwerf, and A. Lysley. Bridge, ausili tecnologici contro l'esclusione sociale. Technical report, AIAS Bologna onlus, 2002.
- [16] C.K. Bliss. *Semantography*. Semantography Blissymbolic Communication, Sidney, 1966.
- [17] K. Bloomberg and H. Johnson. A statewide demographic survey of people with severe communication impairments. *AAC*, 6:50–60, 1990.
- [18] G. Booch, I. Jacobson, and J. Rumbaugh. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley, 1999.
- [19] B. Caldwell, W. Chisholm, J. White, and G. Vanderheiden. Web content accessibility guidelines 2.0, 2003. W3C Working Draft.
- [20] E. Calvino, L. Carrubba, I. Grazzani, and M. Groppo. *Psicologia dello sviluppo del linguaggio e della comunicazione*. ISU Università Cattolica, Milano, 1995.
- [21] R. Campi, M. Fini, S. Lorini, and L. Rossi. *Informatica e handicap. Il contributo dell'informatica all'uomo per il superamento dell'handicap*. Etas, Milano, 1990.

- [22] CALL Centre. Switch access using Scanning and Encoding. Technical report, University of Edinburgh, Edinburgh, 1999.
- [23] S. Ceri, D. Mandrioli, and L. Sbattella. *Informatica Istituzioni. Linguaggio di riferimento ansi C*. McGraw-Hill, Milano, 1994.
- [24] G. Colagrossi and C. Romano. Artificial bliss: un ambiente di sviluppo iconografico per sistemi di programmazione applicati alla robotica. Master's thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1992.
- [25] A. Contini. Analizzatore semantico del linguaggio iconografico bliss. Master's thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1989.
- [26] A. Costa. Cliccando cliccando: Tecnologie multimediali per l'handicap. Provveditorato agli studi di Bologna, Progetto Marconi, Bologna, 2000.
- [27] A. Defilo. *Parlare non basta*. EDT, 1992.
- [28] A.P. Dempster, N.M. Laird, and D.B. Rubin. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of Royal Statistical Society B*, 39(1):1–38, 1977.
- [29] A. Dimitriadis. Modeling time series with autoregressive markov models. Master's thesis, Department of Mathematics at Portland State University, Portland, 1992.
- [30] A.W. Drake. Discrete state markov processes. In *Foundamentals of Applied Probability Theory*, chapter 5. McGraw-Hill, New York, 1967.
- [31] J. Fodor. *The Modularity of Mind*. MIT Press, Cambridge, 1983.
- [32] S. Fojadelli. Scansione bliss. Technical report, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1990.
- [33] S. Fojadelli. Bliss2000. Un sistema informatico per i disabili della parola in ambiente MsWindows 2000. Master's thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 2000.
- [34] M. Folgheraiter and N. Gatti. La disabilità comunicativa nell'ottica delle tecnologie informatiche. Technical report, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 2002.

- [35] G.D. Forney. The viterbi algorithm. In *Proceedings of the IEEE*, volume 61, pages 268–278. IEEE Computer Society Press, 1973.
- [36] A.M. Fraser and A. Dimitriadis. Hidden markov models with mixed states. In A. Weigend and N. Gershenfeld, editors, *Time series prediction: forecasting the future and understanding the past*, pages 264–281. Addison-Wesley, Portland, 1994.
- [37] A. Fuggetta, C. Ghezzi, S. Morasca, A. Morzenti, and M. Pezzè. *Ingegneria del Software. Progettazione, sviluppo e verifica*. Mondadori Informatica, Milano, 1991.
- [38] A. Gambarà. Bliss: un sistema informatico per i disabili nella parola. Master’s thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1989.
- [39] N. Gatti. Ubiquitous Computing analysis in the Medical Context. Preliminary PhD Minor Thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 2002.
- [40] M.L. Gava. Codici alternativi per le barriere comunicative: il ruolo del computer. In *SMAU: Lo sviluppo tecnologico al servizio dei disabili*, pages 66–67, Milano, 1989.
- [41] M.L. Gava. *La traccia grafica, una necessità per l’essere umano. Lo stato dell’arte in tema di apprendimento e riabilitazione*. Istituto L. Vaccari, Roma, 1992.
- [42] M.L. Gava. ...e se manca la parola, quale comunicazione e quale linguaggio ? AAC: una risposta nell’ambito delle disabilità verbali. *Riabilitazione Oggi*, 16(2):8–42, 1999.
- [43] C. Ghezzi and M. Jazayeri. *Programming language concepts*. John Wiley & Sons, New York, 1998.
- [44] Handimatica: Tecnologie avanzate, informatica e telematica per favorire l’integrazione delle persone disabili. *Disabilità plurime e acquisite: gli ausili tecnologici*, Bologna, 2002.
- [45] D.J. Higginbotham, G.W. Lesh, and B.J. Moulton. Techniques for augmenting scanning communication. *Augmentative and Alternative Communication*, 14:81–101, 1998.
- [46] D.J. Higginbotham, G.W. Lesh, and B.J. Moulton. Techniques for automatically updating scanning delays. In *RESNA 2000 Annual Conference*, pages 85–87, Washington, 2000. RESNA Press.

- [47] D. Husmeier. Learning non-stationary conditional probability distributions. Technical report, Biomathematics and Statistics Scotland Scottish Crop Research Institute, Dundee, 2000.
- [48] A. Iannino, J.D. Musa, and K. Okumoto. *Software reliability: measurement, prediction, application*. McGraw-Hill, New York, 1987.
- [49] IEEE. *IEEE Standards for Software Test Documentation*. IEEE Computer Society Press, New York, IEEE/ANSI 829 edition, 1983.
- [50] F. Jelinek. A fast sequential decoding algorithm using a stack. *IBM Journal Research and Development*, 13:675–685, 1969.
- [51] F. Jelinek and R.L. Mercer. Interpolated estimation of markov source parameters from sparse data. In E.S. Gelesma and L.N. Kanal, editors, *Pattern Recognition in Practice*, pages 381–397. The Netherlands, Amsterdam, 1980.
- [52] L. Jensen. Pronti...via! Come scegliere l'ausilio giusto per la propria autonomia. Commissione Europea DG XIII, Programma Applicazioni Telematiche, EUSTAT (Empowering USers Through Assistive Technology), Milano, 1999.
- [53] M.H. Jensen and S. Tetzchner. *Augmentative and Alternative Communication: European Perspectives*. Whurr Publishers Ltd, London, 1997.
- [54] B.H. Juang and L.R. Rabiner. Mixture autoregressive hidden markov models for speech signals. In *IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal processing*, number 6 in ASSP-33, pages 1404–1413. IEEE Computer Society Press, 1985.
- [55] B.H. Juang and L.R. Rabiner. The segmental k-means algorithm for estimating parameters of hidden markov models. In *IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal processing*, number 9 in ASSP-38, pages 1639–1641. IEEE Computer Society Press, 1990.
- [56] B.H. Juang, L.R. Rabiner, and G. Wilpon. A segmental k-means training procedure for connected word recognition. *AT&T Technical Journal*, 65(3):21–31, 1986.
- [57] R. Karchin. Hidden markov models and protein sequence analysis. Technical report, Baskin SOE at University of California, Santa Cruz, 1999.

- [58] H. Koester and S. Levine. Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and without word prediction. *Assistive Technology*, 6:42–53, 1994.
- [59] A.M. Kozarzewska and M.Zappella. *Io sono Michele piacere di conoscerti. Un'esperienza di AAC*. Leonardo International, Milano, 1999.
- [60] D.J. Kruglinsky, G. Shepherd, and S. Wingo. *Programming Microsoft Visual C++*. Microsoft Press, Washington, 1998.
- [61] J. Lajoie and S.B. Lippman. *C++ Corso di programmazione*. Addison-Wesley, Milano, 2000.
- [62] S. Guerra Lisi. *?Ri-uscire!* Borla, Roma, 1991.
- [63] T. Ljungkvist and P. Brevik. Noise reduction using hidden markov models and pitch period information. Master's thesis, Department of Speech, Music and Hearing at KTH (Royal Institute of Technology), 2001.
- [64] M. Martinoni and G. Scascighini. *Pedagogia specializzata e informatica*. Edition SZH/SPC, Biel, Svizzera, 1997.
- [65] E.T. McDonald. *Teaching and using Blissymbolics*. Blissymbolics Communication Institute, Toronto, 1980.
- [66] S. McNaughton. *Communicating with Blissymbolics*. Blissymbolics Communication Institute, Toronto, 1985.
- [67] J. McShane. *Lo sviluppo cognitivo*. Il Mulino, Bologna, 1994.
- [68] T.M. Mitchell. *Machine Learning*. WCB/McGraw-Hill, Boston, 1997.
- [69] B.Z. Molnar. *Tecnologia dell'informazione e nuova cultura*. Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, 1984.
- [70] A.W. Moore. Hidden markov models. Technical report, School of Computer Science at Carnegie Mellon University, 2001.
- [71] W.H. Murray and C.H. Pappas. *Il manuale Visual C++. Programmazione in Windows*. McGraw-Hill, Milano, 1996.
- [72] W.H. Murray and C.H. Pappas. *La guida completa Visual C++ 6*. McGraw-Hill, Milano, 1999.
- [73] N. J. Nilsson. *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga, Palo Alto, 1988.

- [74] A. Panuccio. Tecniche di classificazione e clustering mediante modelli di markov a stati nascosti applicati all'analisi di segnali elettroencefalografici. Technical report, Dipartimento scientifico e tecnologico, Università di Verona, 2001.
- [75] W.D. Penny and S.J. Roberts. Hidden markov models with extended observation densities. Technical report, Department of Electrical and Engineering at Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, 1998.
- [76] S. Pinker. *The Language Instinct*. HarperPerennial, 1995.
- [77] R. Pititto. *La comunicazione difficile*. Editrice La Scuola, Brescia, 2000.
- [78] A.B. Poritz. Hidden markov models: a guided tour. In *IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal processing*, volume 1, pages 7–13, New York, 1988. IEEE Computer Society Press.
- [79] L. Prechelt. A set of neural network benchmark problems and benchmarking rules. Technical report, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, Germania, 1994.
- [80] L. Prechelt. Early stopping, but when? In G.B. Orr and K. Müller, editors, *Neural Networks: Tricks of the Trade*, pages 55–70. Springer-Verlag, Berlino, 1998.
- [81] J. Prosise. *Programmare Microsoft Windows con MFC*. Microsoft Press, Washington, 1999.
- [82] M.R. Quillian. Semantic memory. In *Minsky ed. Semantic Information Processing*. MIT Press, Cambridge, 1968.
- [83] L.R. Rabiner. A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition. In *Proceedings of the IEEE*, number 2 in 77, pages 257–286. IEEE Computer Society Press, 1989.
- [84] A. Rivarola. La comunicazione aumentativa e alternativa. In *Handimatica: Tecnologie avanzate, informatica e telematica per favorire l'integrazione delle persone disabili*, Bologna, 2000.
- [85] T.S. Rognvaldsson. Learning & adaptive systems. Technical Report 21/94, School of Information Science, Computer and Electrical Engineering, Halmstad University, Halmstad, Svezia, 2002.

- [86] D. Ron, Y. Singer, and N. Tishby. The power of amnesia: Learning probabilistic automata with variable memory length. Technical report, Institute of Computer Science at Hebrew University, Jerusalem, 1996.
- [87] W.S. Sarle. Stopped training and other remedies for overfitting. In *the 27th Symposium on the Interface of Computing Science and Statistics*, pages 352–360, 1995.
- [88] G. Scascighini. *Comunicazione Alternativa e Aumentativa. Esperienze in regioni di lingua italiana*. Edition SZH/SPC, Biel, Svizzera, 2002.
- [89] M.J. Scherer. MPT: Matching person & technology. Technical report, S.I.V.A. (Servizio Informazione Valutazione Ausili) Fondazione Don Gnocchi IRCCS-ONLUS, Milano, 1999.
- [90] B. Shane. *Augmentative Communication: an introduction*. Blackstone, Toronto, 1981.
- [91] G.A. Smith and A.J. Robinson. Segmentation of a speech waveform according to glottal timing information using a standard autoregressive-hmm. Technical Report 389, Engineering Department at Cambridge University, Cambridge, 2000.
- [92] M. Somalvico. *L'Intelligenza Artificiale*. Rusconi Editore, Milano, 1987.
- [93] M. Somalvico. Ingegneria della informazione: applicazioni e sviluppi per le persone disabili. In *SMAU: Dalla disabilità all'uguaglianza. Lo sviluppo tecnologico al servizio dei disabili*, Milano, 2002.
- [94] M. Squillace. Bliss per Windows 3.1. Technical report, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1997.
- [95] P. Tabossi. *La mente e il computer. Introduzione alla scienza cognitiva*. Il Mulino, Bologna, 1997.
- [96] M. Tagliabue and C. Toxiri. Sistema blisstutor multimediale. un insegnante informatico interattivo per l'assistenza ai disabili della parola. Master's thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano, 1994.
- [97] Sito Web. *Ausilioteca*.  
<http://www.ausilioteca.org>.

Servizio di supporto per disabili, convenzionato con l'AUSL di Bologna. Fornisce un buon archivio degli ausili hardware e software.

- [98] Sito Web. *Blissymbolics Communication International*.  
<http://home.istar.ca/~bci/>.  
Sito ufficiale del BCI di Toronto. Contiene tutto ciò che riguarda il linguaggio Bliss, dall'origine alle ricerche attuali, con una serie di link a sistemi informatici esistenti. Le pagine sono in doppia codifica: inglese e Bliss.
- [99] Sito Web. *Closing the Gap*.  
<http://www.closingthegap.com>.  
Fornisce un eccellente giornale on-line sull'Assistive Technology con diverse informazioni riguardanti soluzioni, progetti e conferenze.
- [100] Sito Web. *CodeGuru*.  
<http://www.codeguru.com/>.  
Sito ad accesso gratuito, con dettagliate descrizioni dell'implementazione degli oggetti e con esempi di moduli e componenti realizzati in Visual C++, dai quali è possibile trarre spunto per comprendere le modalità di funzionamento dell'ambiente di programmazione.
- [101] Sito Web. *ISAAC (International Society for Augmentative and Alternative Communication)*.  
<http://www.isaac-online.org>.  
Associazione di origine canadese che si occupa dello studio e della diffusione della Comunicazione Aumentativa ed Alternativa a livello mondiale.
- [102] Sito Web. *Loquendo Vocal Technology and Services*.  
<http://www.loquendo.com>.  
Una delle aziende leader nei prodotti di sintesi vocale. Sono disponibili on-line demo di alcuni prodotti.
- [103] Sito Web. *MSDN*.  
<http://msdn.microsoft.com/visualc/>.  
Sito di riferimento per i programmatori Visual C++ a cura della Microsoft Corporation.
- [104] Sito Web. *PoloH*.  
<http://www.poloacca.it/>.

Coinvolge le scuole del territorio cremasco con alunni disabili interessate ad ampliare le prospettive informatiche nella didattica integrativa e nel recupero delle disabilità; svolge attività di ricerca e realizzazione ad-hoc di configurazioni HW e SW.

[105] Sito Web. *Portale Onlus*.

<http://www.portale.org>.

Portale Onlus progetta, gestisce e mantiene Siti e iniziative destinati all'animazione ed alla socializzazione di categorie protette. Opera in Internet con l'utilizzo delle più avanzate tecnologie informatiche e multimediali.

[106] Sito Web. *S.I.V.A. (Servizio Informazione Valutazione Ausili)*.

<http://www.siva.it>.

È una rete di servizi specializzati in grado di fornire orientamento e consulenza nella scelta degli ausilli e nella ricerca di soluzioni utili a migliorare la propria autonomia.

## Appendice A

# Panoramica sui principali Ausili informatici per la comunicazione

### A.1 Definizione di Ausilio

Il termine ausili (“Assistive Technologies”) sta ad indicare tutti quei prodotti o servizi che permettono di compensare le limitazioni funzionali, di facilitare l’indipendenza e di migliorare la qualità di vita delle persone disabili.

Analizzando l’etimologia del termine si scopre che la radice latina *auxilium* identifica l’aiuto in una accezione piuttosto ampia: l’ausilio è quella apparecchiatura, attrezzatura, accorgimento che consente alla persona disabile di attivare o potenziare un percorso di autonomia possibile, nel rispetto delle possibilità ed esigenze proprie e dell’ambiente circostante [5].

In base allo standard internazionale ISO 9999, gli ausili per le persone disabili sono strumenti di uso individuale nella vita quotidiana, studiati per migliorare la loro autonomia, ovvero, “...qualsiasi prodotto, strumento, attrezzatura o sistema tecnologico di produzione specializzata o di comune commercio, utilizzato da una persona disabile per prevenire, compensare, alleviare o eliminare una menomazione, disabilità o handicap ...”<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Lo standard ISO divide inoltre gli ausili in 10 classi, in ognuna delle quali vi è un’ulteriore suddivisione su 3 livelli; tale classificazione è stata adottata dal nuovo Nomenclatore Tariffario.

## A.2 L'importanza degli Ausili

La storia degli ausili è una parte importante della storia del progresso umano. Il tipo di aratro usato nell'antichità era rimasto immutato fin dall'inizio dell'Età del bronzo, salvo che il vomere venne fatto di ferro anziché di legno a partire dal 1000 a.C. Privo di ruote, veniva tenuto dall'aratore stesso, con un notevole sforzo fisico, ma modesti risultati, producendo solchi che non erano né diritti, né molto profondi. Il nuovo aratro usato dal 100 a.C., aveva ruote per controllare la profondità dell'aratura, risparmiando in termini di energia e tempo.

La storia degli strumenti capaci di ridurre la fatica dell'uomo, oppure di consentirgli di fare cose impossibili senza di essi o di incrementare la produttività, è la storia delle conquiste tecniche che è difficile distinguere dallo sviluppo stesso della civiltà [21].

Gli ausili informatici costituiscono anch'essi un'importante applicazione tecnologica di quel nuovo "aratro" moderno che è il computer.

Essi vanno intesi sia come protesi per sostituire o aiutare nel disabile le funzioni sensoriali mancanti o carenti, sia come esempi per sperimentare e scoprire modi alternativi per tutti di utilizzo della tecnologia informatica per consentire attività di studio, di lavoro, di comunicazione più agevoli, più produttive e flessibilmente personalizzate alle esigenze individuali.

Il nuovo aratro rese possibile a chi non era particolarmente forte e robusto di coltivare il proprio campo: gli ausili informatici possono costruire una speciale estensione del computer che consentirà a tutti una migliore modalità di studio, di lavoro e di comunicazione.

Occorre però fare molta attenzione, in quanto succede spesso che l'ausilio tecnologico sia investito del ruolo di risolutore di situazioni complesse, come se fosse possibile che la persona disabile, con l'utilizzo di un potente mezzo tecnologico, potesse risolvere tutti i suoi problemi. In realtà questa semplificazione può portare a situazioni veramente problematiche: l'ausilio può essere investito di un ruolo improprio ed eccessivo, riversando su di esso speranze e aspettative, senza affrontare gli indispensabili adattamenti delle condizioni del contesto o della funzione.

Gli ausili tecnologici possono contribuire a migliorare la qualità degli interventi riabilitativi, aumentandone l'efficacia e l'efficienza; concorrono a promuovere l'autonomia del paziente, con risvolti positivi per il suo stato psicologico [15].

Esistono una infinità di ausili tecnologici, dedicati ai diversi ambiti e ai vari handicap esistenti. Si parla, infatti, di ausili generali: "ausili" in quanto sostituiscono o incrementano le naturali capacità umane e

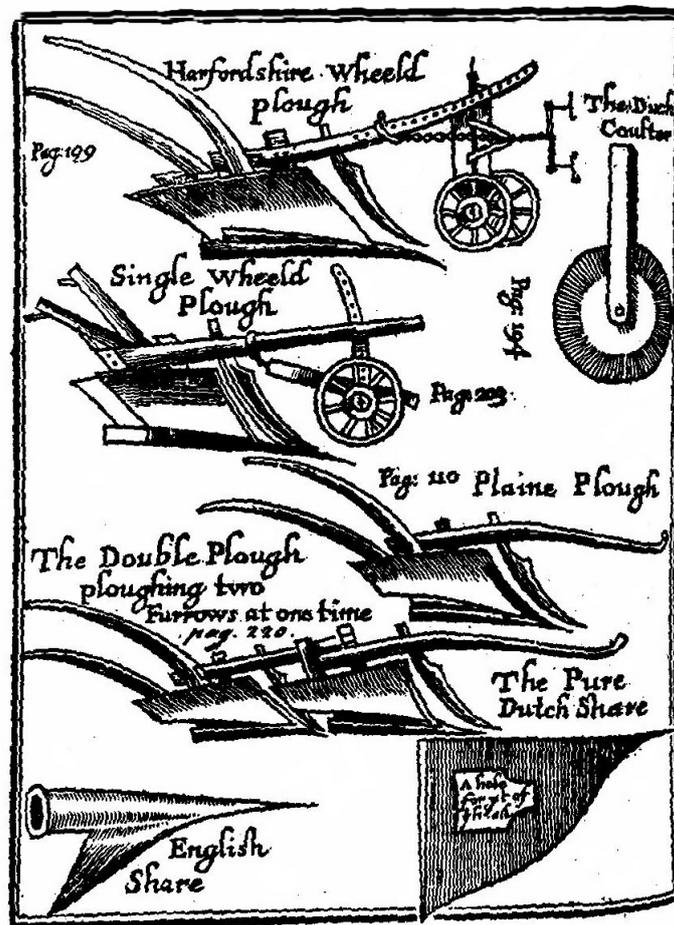


Figura A.1: L'importanza degli ausili: l'evoluzione dell'aratro

“generalì” in quanto non relativi a compiti specifici, ma piuttosto fondamento delle più diverse attività che ogni individuo svolge nella sua esistenza [21].

Ormai da più di quindici anni si creano diversi tipi di strumenti hardware o programmi, capaci, come vedremo, di fornire aiuto sia nel campo riabilitativo che dell'accesso al computer. All'inizio gli ausili erano “rudimentali”, semplici creazioni che lasciavano sperare nel futuro ma che non risolvevano definitivamente i problemi; oggi, gli ausili sono diventati apparecchiature o programmi sofisticati, in grado di ri-

solvere con successo anche i problemi delle persone con le più gravi difficoltà.

In questo appendice ci limitiamo a fornire una breve panoramica dei principali ausili informatici hardware per la comunicazione, sebbene la definizione e l'importanza dell'ausilio sia universale. I prodotti commerciali, di seguito presentati, sono quasi tutti importati, ma sono reperibili da parecchi distributori italiani. Per ovvi motivi di spazio abbiamo riportato, per ogni ausilio, un unico distributore, quello da cui abbiamo tratto le note informative.

### **A.3 Vocal Output Communication Aids (VOCAs)**

I VOCAs sono sistemi dedicati alla comunicazione che non necessitano di essere collegati ad un PC. Il loro aspetto è quello di una tastiera con uno o più pulsanti, su ognuno dei quali è applicabile un simbolo. La pressione di un tasto provoca l'emissione di un messaggio preregistrato che corrisponde al simbolo posto su di esso.

In questo modo il disabile può comunicare non solo indicando il simbolo, ma anche associando ad esso un messaggio verbale che viene udito dagli altri.

Esistono diversi tipi di VOCAs che si differenziano per numero di messaggi, tempo totale di registrazione, modalità di selezione.

#### **A.3.1 Alcuni prodotti commerciali**

Nei paragrafi seguenti viene data una descrizione sommaria dei più importanti VOCAs presenti sul mercato informatico.

##### **Chipper**

Chipper è un VOCA di semplicissimo utilizzo: è possibile registrare un messaggio che verrà riprodotto alla pressione sulla superficie superiore o tramite un sensore ad esso collegabile. È possibile associare al messaggio un'immagine o simbolo applicabile sulla superficie superiore. È inoltre possibile collegare un cavetto per l'attivazione di dispositivi a batteria (giocattoli, elettrodomestici, ecc.) durante l'attivazione del messaggio: ciò consente di rinforzare la comprensione della relazione causa-effetto. Chipper è un comunicatore monomessaggio che viene utilizzato ai primi stadi di un percorso di comunicazione aumentativa da utenti che non sono in grado di gestire sistemi con numerosi messaggi: possono essere utilizzati più dispositivi contemporaneamente ed i messaggi possono essere cambiati un numero illimitato di volte

per adattarsi ai diversi contesti ambientali in cui avviene lo scambio comunicativo.

Tempo disponibile per la registrazione: sec.20.

Dimensioni: cm.9 x 9 x 5.

Forza di attivazione: gr.60.

Distributore: Leonardo



Figura A.2: Chipper

### **TimePad**

Comunicatore che permette di registrare 5 diversi messaggi che possono essere attivati da un timer anche al fine di ricordare al soggetto azioni che deve compiere in sequenza. Ciò consente di utilizzare Time Pad, oltre che come ausilio per la comunicazione, anche come supporto in caso di disturbi della memoria. Può inoltre essere utilizzato in caso di difficoltà cognitive come supporto per l'orientamento temporale. Funziona come comunicatore premendo il tasto relativo al messaggio da riprodurre.

Tempo disponibile per la registrazione: sec.75.

Dimensioni: cm.5 x 10.

Distributore: Leonardo.

### **Time Frame Four**

Comunicatore utilizzabile per 1, 2 o 4 messaggi. I messaggi vengono attivati premendo le immagini, i simboli o le parole ad essi associate (protette da una membrana di plastica). Il comunicatore può essere utilizzato su un piano o fissato al muro.

Tempo disponibile per la registrazione: sec.40.

Dimensioni: cm.25 x 15.

Distributore: Leonardo.



Figura A.3: TimePad



Figura A.4: Time Frame Four

### **Go Talk**

Go Talk è un VOCA portatile, resistente e facile da usare. Consente la registrazione di 36 messaggi su 4 diversi livelli di 9 caselle ciascuno. Il cambiamento di livello avviene attraverso la pressione di un tasto: per cambiare gli overlay è sufficiente farli slittare sotto la griglia. Un dispositivo di sicurezza blocca la possibilità di cambiare livello e quella di registrazione per evitare cancellazioni involontarie.

Tempo totale disponibile per la registrazione: min.6

Dimensioni: cm.22,5 x 30.

Distributore: Leonardo.





Figura A.6: Chat Box

### **Alphatalker**

Alphatalker è un semplice e portatile ausilio che permette di comunicare in modo immediato con una voce pre-registrata. Alphatalker è un ausilio pensato e realizzato per consentire la comunicazione a coloro che non possono utilizzare la voce per parlare, ma che può essere utilizzato anche come sistema di valutazione e recupero cognitivo. Semplicemente premendo pochi tasti e parlando si possono registrare le parole o i messaggi desiderati. Per ascoltare il messaggio è sufficiente premere il tasto corrispondente. I disegni posti sui tasti aiutano a ricordare il messaggio associato.

Distributore: ARS.

### **Tech Scan 32**

Dispone di 32 caselle a cui è possibile associare un messaggio registrato e una immagine che ne rappresenti il significato. Le caselle sono separate fra loro da uno scudo in materiale plastico per facilitare la selezione; è sufficiente premere la superficie dei tasti per emettere



Figura A.7: Alphatalker

il messaggio corrispondente. Permette di organizzare fino a 6 livelli di registrazione, così da creare diverse tabelle per diversi contesti comunicativi. È possibile selezionare le caselle anche mediante sensori attraverso una scansione luminosa a cui può essere associato anche un piccolo suono.

Tempo totale disponibile per la registrazione: min.2.

Dimensioni: cm.32 x 17.

Distributore: Auxilia.



Figura A.8: Tech Scan 32

## A.4 Sensori

I sensori (switches) sono dispositivi che consentono di recuperare l'abilità motoria residua di una persona disabile, cercando di sfruttare i movimenti controllati volontariamente dal soggetto, per fornire un input alternativo al computer.

Costituiscono una categoria di dispositivi in grado di trasformare una grandezza fisica (pressione, spostamento, suono, soffio, ecc.) in un segnale elettrico del tipo acceso/spento.

I sensori possono essere raggruppati in categorie a seconda delle caratteristiche di massima che li accumulano (modalità di attivazione, forza richiesta, sensibilità, robustezza, dimensioni); ne esistono ormai diversi tipi: flessibili, a pedale, a pulsante, a leva, a soffio, acustici, a variazione d'assetto, a sfioramento.

### A.4.1 Alcuni prodotti commerciali

Forniamo di seguito una carrellata dei più comuni sensori attualmente presenti sul mercato.

#### **Buddy Button**

È probabilmente il sensore più usato ed economico, formato da un pulsante colorato e resistente attivabile premendo la superficie superiore. Feedback tattile e acustico.

Dimensioni: diametro cm.6,3 - altezza cm.1,8.

Forza di scatto: superficie esterna gr.100 - superficie centrale gr.200.

Corsa di scatto: cm.0,12.

Distributore: Leonardo.

#### **Big Buddy**

Della stessa famiglia del Buddy Button, oltre alle caratteristiche comuni di grande resistenza e disponibilità in vari colori il Big Buddy si differenzia per le misure maggiori. Feedback tattile e acustico.

Dimensioni: diametro cm.11,5 - altezza cm.2,5.

Forza di scatto: superficie esterna gr.150 - superficie centrale gr.300.

Corsa di scatto: cm.0,17.

Distributore: Leonardo.



Figura A.9: Sensore Buddy Button



Figura A.10: Sensore Big Buddy

### **New Joggle**

Sensore a pressione la cui forza di scatto è regolabile ruotando la parte superiore, sono previste 15 posizioni di regolazione diverse. Disponibile in due misure.

Dimensioni: Medio, diametro cm.6,2 - Grande, diametro cm.12.

Forza di scatto: da un minimo di gr.200 a un massimo di kg.1,5.

Distributore: Auxilia.



Figura A.11: Sensore New Joggle

### Specs

Sensore a pressione di dimensioni molto ridotte, per situazioni che richiedono poco ingombro o per utenti con movimenti di ampiezza limitata.

Dimensioni: diametro cm.3 - altezza cm.2.

Forza di scatto: gr.40.

Distributore: HelpICare.

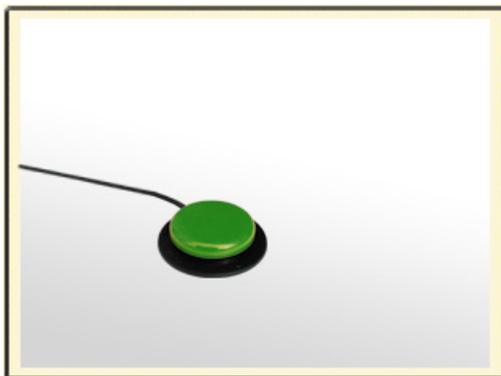


Figura A.12: Sensore Specs

### Cup

Sensore piccolo per persone con buone abilità motorie, si attiva premendo la superficie. Viene fornito con adesivi colorati per personalizzarlo. Feedback tattile ed acustico. Disponibile in due dimensioni. La versione mini è attivabile anche con il mento.

Dimensioni: Cup, diametro cm.4,5 - altezza cm.1,5; MiniCup, diametro cm.2,5 - altezza cm.0,8.

Forza di scatto: Cup, gr.250 - MiniCup, gr.130.

Corsa di scatto: cm.0,15.  
Distributore: Leonardo.



Figura A.13: Sensore Cup

### **Plate**

Sensore a membrana sottile, attivabile con un leggero tocco sulla superficie colorata circolare. Non dà alcun feedback tattile né acustico.

Dimensioni: cm.9 x 9 x 0,5.

Forza di scatto: gr.50.

Corsa di scatto: cm.0,05.

Distributore: ARS.



Figura A.14: Sensore Plate

### **Soft**

Sensore a pressione caratterizzato dalla superficie in tessuto morbida e asportabile per il lavaggio. Genera feedback tattile e acustico.

Dimensioni: diametro cm.8 - altezza cm.4.

Forza di scatto: gr.600.

Corsa di scatto: cm.0,7.

Distributore: HelpICare.



Figura A.15: Sensore Soft

### **Pal Pad**

Sensore attivabile attraverso lo sfioramento della superficie, adatto per chi può esercitare solo una pressione molto debole ed ha difficoltà nel raggiungere oggetti piccoli. Disponibile in tre misure.

Dimensioni: Big cm.15,5 x 11,5 x 0,3 - Small cm.10 x 5x 0,3 - Mini cm.5 x 5 x 0,3.

Forza di attivazione: gr.35.

Distributore: Leonardo.

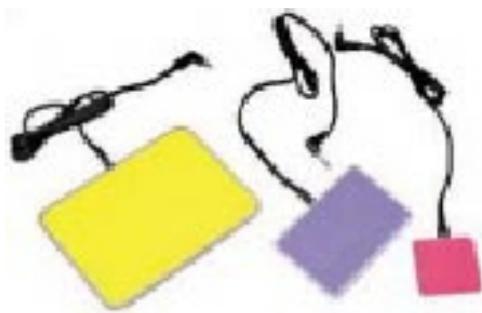


Figura A.16: Sensore Pal Pad

### **Pillow**

Sensore a pressione azionabile attraverso pressione praticata sulla superficie. La superficie circolare attivabile è in materiale morbido adatta per un contatto anche con la guancia e col capo. Applicabile, tramite la spilla, anche a superfici in tessuto. Fornisce feedback sonoro e tattile.

Dimensioni: diametro cm.8 - altezza cm.2.

Forza di scatto: gr.180.

Corsa di scatto: cm.0,2.

Distributore: Leonardo.



Figura A.17: Sensore Pillow

### **Buddy a sfioramento**

Sensore di prossimità che non richiede pressione meccanica della superficie. Può essere attivato semplicemente avvicinando la mano alla superficie o sfiorandola appena. La sensibilità è regolabile.

Dimensioni: diametro cm.11 - altezza cm.4.

Distributore: Auxilia.

### **Microlight**

Piccolo sensore a pressione molto sensibile e facilmente posizionabile. Fissabile mediante vite da inserire nel foro posto nella base oppure con velcro.

Dimensioni: cm.4,5 x 1,3 x 2.

Forza di scatto: gr.10.

Corsa di scatto: cm.0,65.

Distributore: Auxilia.



Figura A.18: Sensore Buddy a sfioramento



Figura A.19: Sensore Microlight

### **Leaf**

Il sensore si compone di una sottile asta metallica con una estremità rigida che si flette leggermente. L'estremità su cui esercitare la forza è ricoperta da un disco in spugna che aumenta la superficie per l'attivazione. Il sensore è particolarmente indicato per essere utilizzato con il capo. Data la rigidità nella parte terminale di questo sensore, non ne è indicato l'uso per chi non sia in grado di dosare la propria forza. È fissabile alla carrozzina o su superfici piane attraverso un supporto di sostegno. Fornisce feedback tattile e acustico.

Dimensioni estremità: diametro cm.7,5 - altezza cm.1,3.

Lunghezza del braccio: cm.33.

Forza di scatto: gr.50.

Diametro braccio: cm.1,3.

Corsa di scatto: cm.1,3.

Distributore: Leonardo.



Figura A.20: Sensore Leaf

### **Pneumatic**

Sensore pneumatico a doppia funzione: soffiando attiva una funzione, aspirando ne attiva un'altra. Facile da pulire dalla saliva in eccesso. Disponibile in due versioni.

Dimensioni: diametro cm.2,5.  
Lunghezza del braccio: Long, cm.4 - Short, cm.1,5.  
Distributore: HelpICare.



Figura A.21: Sensore Pneumatic

### **Flex**

Questo sensore si attiva attraverso lo spostamento (in ogni direzione) dell'estremità in gomma. È indicato per coloro i quali abbiano un residuo motorio lieve ed incontrollato.

Dimensioni estremità: cm.4 x 6,1.  
Lunghezza del braccio: cm.40.  
Forza di scatto: gr.180.  
Corsa di scatto: cm.1,3.  
Distributore: ARS.



Figura A.22: Sensore Flex

### **Treadle**

Sensore a pedale. È possibile, data la robustezza e la rigidità del sensore, mantenervi sopra il piede tra una attivazione e l'altra. Fornisce feedback sonoro e tattile.

Dimensioni: cm.9 x 6,5 x 2,5.  
Forza di scatto: gr.700.  
Corsa di scatto: cm.0,5.  
Distributore: Leonardo.



Figura A.23: Sensore Treadle

### Tip

Sensore al mercurio, lo si attiva variandone la posizione di 5 gradi dall'orizzontale. Adatto per il fissaggio ad una mano o ad una fascia per il capo e richiede un range di mobilità veramente ridotto. Non fornisce feedback.

Dimensioni: cm.2,2 x 0,6 x 0,6.  
Corsa di scatto: +/- 5°.  
Distributore: Leonardo.



Figura A.24: Sensore Tip

### **String**

Viene attivato esercitando una piccola trazione sulla cordicella. Si può infilare un nastro nell'anello formato dalla cordicella di String, per fissarlo al polso, all'avambraccio o a una gamba.

Distributore: Auxilia.



Figura A.25: Sensore String

### **Square Pad**

Sensore a pressione di grandi dimensioni. Molto robusto, resiste a forti sollecitazioni. È attivabile premendo un qualsiasi punto della superficie. Genera feedback tattile e acustico.

Dimensioni: cm.14 x 14 x 1,7.

Forza di scatto: gr.600.

Corsa di scatto: cm.0,4.

Distributore: HelpICare.



Figura A.26: Sensore Square Pad

### **Trigger**

Sensore a pressione di dimensioni ridotte con superficie piatta. Resistente all'acqua e alla polvere, è stato appositamente progettato come sensore da esterno e per essere montato su carrozzine.

Dimensioni: cm.2,3 x 2,3.

Forza di scatto: gr.300.

Corsa di scatto: cm.0,4.

Distributore: HelpICare.



Figura A.27: Sensore Trigger

### **Muscolar Switch**

È un sensore in grado di percepire contrazioni muscolari anche molto deboli e gli sbalzi della temperatura corporea. Ha piccole dimensioni, forma piatta e rotonda che permette il posizionamento su diverse parti del corpo.

Distributore: Auxilia.

### **Eye Blink**

Microsensore a infrarosso azionabile con il battito della palpebra o con lo spostamento del bulbo oculare. La fotocellula è fissata su una montatura ad occhiale con possibilità di regolarne la posizione rispetto al-



Figura A.28: Sensore Muscolar Switch

l'occhio. La sensibilità del sensore è regolabile per filtrare i battiti fisiologici della palpebra e il movimento oculare spontaneo.

Distributore: Auxilia.



Figura A.29: Sensore Eye Blink

### **Grasp**

Sensore azionabile stringendo l'impugnatura cilindrica realizzata in materiale morbido. Non fornisce feedback.

Dimensioni: lunghezza cm.14 - diametro cm.3,5.

Forza di scatto: gr.300.

Corsa di scatto: cm.0,5.

Distributore: Leonardo.

### **Taction Pad**

Sensori sottilissimi formati da un foglio adesivo sensibile al tocco. Possono essere tagliati in varie misure e applicati su qualsiasi superficie.

Distributore: ARS.



Figura A.30: Sensore Grasp

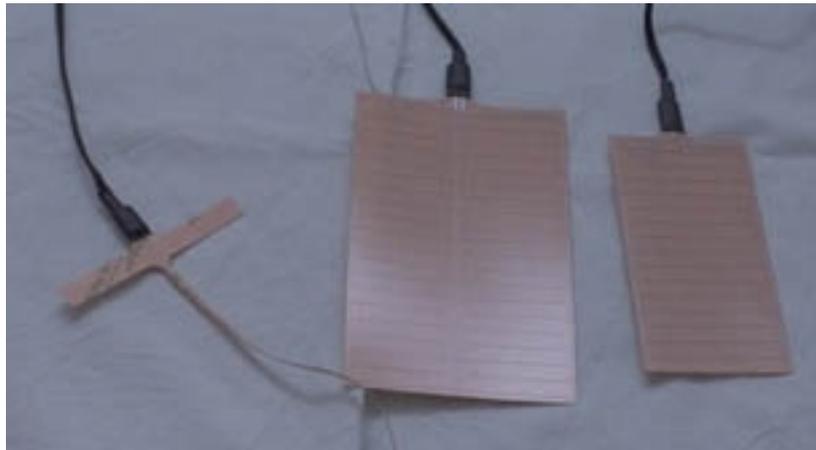


Figura A.31: Sensore Taction Pad

### **Palla Grande**

Sensore che si attiva muovendo la grande palla di spugna colorata posizionata alla fine dell'asta.

Distributore: ARS.

### **Elipse**

Sensore formato da un pulsante attivabile a pressione. Caratteristica la sua forma ovale, è disponibile in tre formati di diverse dimensioni (piccolo, medio, grande).

Distributore: ARS.

### **Tappeto**

Sensore che si attiva con la pressione del piede sulla superficie del sensore.

Distributore: ARS.



Figura A.32: Sensore Palla Grande



Figura A.33: Sensore Elipse

## A.5 Sistemi di puntamento

Si dicono dispositivi di puntamento i sistemi di input basati sul controllo di un puntatore che si muove sullo schermo. Alla funzione di



Figura A.34: Sensore a tappeto

puntamento è normalmente associata la selezione di oggetti sul video, mediante l'uso di uno o due pulsanti.

Per coloro che hanno difficoltà nel controllare il cursore attraverso il mouse standard esiste un'ampia gamma di sistemi di puntamento alternativi, noti anche come emulatori di mouse che permettono di svolgere le stesse funzioni ma con modalità più adeguate alle possibilità motorie di diverse categorie di disabili.

### **A.5.1 Alcuni prodotti commerciali**

Forniamo di seguito una carrellata dei più comuni sensori attualmente presenti sul mercato.

Di seguito viene data una breve descrizione dei più comuni ausili di questo tipo presenti in commercio.

#### **Expert Mouse**

Consente di controllare il cursore del mouse senza spostare il braccio ruotando la sfera posta sulla base; in questo modo la mano non deve essere spostata sul piano. È una trackball di grandi dimensioni, ha quattro tasti programmabili a cui si possono assegnare funzioni specifiche a seconda delle esigenze dell'utilizzatore (click, doppio click, trasciamento, tasto destro). Disponibile anche uno scudo in plexiglas che impedisce di effettuare digitazioni non desiderate. Esiste anche una versione pro che si differenzia dal modello base per l'aggiunta di sei pulsanti programmabili nella parte anteriore che permettono un rapido accesso alle applicazioni preferite.

Dimensioni: cm.15 x 13 x 7.  
Distributore: ARS.



Figura A.35: Expert Mouse PRO

### **Roller Trackerball**

Resistente, facile da usare, Roller Trackerball opera come un mouse tradizionale senza richiedere spostamenti sul piano, inoltre il pulsante del doppio click è separato. Una spia luminosa indica quando il pulsante del trascinalimento è attivo. Lo scudo consente di evitare pressioni involontarie dei tasti. I tasti di diverso colore fra loro, possono anche essere controllati con sensori esterni da connettere nel retro del dispositivo. Esiste anche una versione plus con l'aggiunta di altri tasti funzione.

Dimensioni: cm.21,5 x 13,4 x 10.  
Distributore: Leonardo.

### **Roller Joystick**

Il Roller Joystick è sinonimo di grande affidabilità, robustezza e precisione. Le sue funzioni sono quelle del controllo del cursore, due tasti emulazione mouse e un tasto per il drag. Una spia luminosa indica quando il pulsante del trascinalimento è attivo. È disponibile anche in versione plus che rispetto al modello base possiede le funzioni di bloccaggio direzioni, regolazione velocità, tasto di doppio-click. Tutti i tasti del pannello frontale possono essere duplicati esternamente con sensori da inserire nelle apposite spine poste nel retro del dispositivo.

Dimensioni: cm.21,5 x 13,4 x 10.  
Distributore: ARS.



Figura A.36: Roller Trackerball



Figura A.37: Roller Joystick Plus

### **KidsBall**

È una grande trackball progettata per bambini. La grossa sfera e i bottoni rossi hanno lo scopo di facilitare il controllo del movimento del mouse e le funzioni di click e doppio click a piccoli utenti inesperti. Può essere tenuta in grembo e questo ne facilita l'uso in carrozzina.

Dimensioni: cm.16,3 x 17 x 7,5 - diametro sfera cm.7,5.

Distributore: Auxilia.



Figura A.38: KidsBall

### **HeadMaster Plus**

Head Master Plus è un sistema di puntamento a testa che sostituisce il mouse. Muovendo la testa, il cursore si muove sullo schermo. Per effettuare la selezione, è sufficiente soffiare nell'apposito sensore. Unito ad una tastiera a video opzionale, consente un utilizzo completo del computer. Il click del mouse può essere effettuato anche attraverso un altro sensore per un accesso personalizzato. Disponibile un dispositivo opzionale per il controllo a infrarossi.

Distributore: Leonardo.



Figura A.39: HeadMaster Plus

### **Head Mouse**

HeadMouse sostituisce il comune mouse per coloro che non possono utilizzare le mani. HeadMouse è un sensore senza fili all'infrarosso che risponde ai movimenti di un piccolo adesivo riflettente da posizionare sulla fronte o sugli occhiali. Grazie a questo ausilio è possibile controllare i movimenti del cursore attraverso lo spostamento del capo. Utilizzato insieme ad una tastiera a video emula tutte le funzioni della comune tastiera. Risulta indicato per chi ha lesioni midollari molto alte che consentono comunque un buon controllo del capo.

Distributore: Leonardo.



Figura A.40: Head Mouse

### **HeadWay**

Headway è un sistema di puntamento a testa che consente l'accesso al computer tramite un piccolo trasmettitore ad infrarossi montato sul capo che permette l'emulazione del mouse attraverso movimenti del capo su due assi. La regolazione è automatica. Il sistema comprende una piccola trackball a infrarossi con sei pulsanti: accensione, regolazione della velocità (5 diverse velocità), modalità (puntamento a testa - trackball), click sinistro, destro e centrale. I click destro e sinistro possono essere trasferiti su due sensori esterni.

Distributore: Leonardo.

### **Mouse Mover**

Mouse Mover è un dispositivo di controllo del puntatore tramite sensori esterni (è possibile collegare fino a 6 sensori singoli e/o un sensore multiplo a cinque funzioni). I 6 sensori corrispondono alle 4 direzioni, al pulsante di conferma (click e trascinalamento) ed al pulsante destro.



Figura A.41: HeadWay

L'emulatore permette l'utilizzo contemporaneo del mouse standard. È possibile regolare la velocità di spostamento del puntatore e la sua accelerazione e il ritardo per l'attivazione del trascinamento. Indicato per chi presenta severe compromissioni motorie e conserva un numero limitato di movimenti volontari.

Distributore: Leonardo.



Figura A.42: Mouse Mover

### **Wafer**

Sensore multiplo a pressione composto da cinque distinte aree sensibili, a membrana, leggermente rientranti rispetto alla superficie esterna. Le aree sono contraddistinte dai simboli per il controllo del movimento del cursore.

Dimensioni: cm.40 x 15 x 1,3 - diametro dei tasti cm.6.

Forza di scatto: gr.100.

Corsa di scatto: mm.0,5.

Distributore: Auxilia.



Figura A.43: Sensore multiplo Wafer

### **Mini Joystick with push**

Sensore multiplo costituito da una leva a joystick con quattro posizioni.

La quinta selezione si ottiene premendo verticalmente la leva.

Dimensioni: diametro cm.3 - lunghezza cm.12.

Forza di scatto: Joystick gr.120 - Selezione verticale gr.200.

Corsa di scatto: Joystick cm.1,3 - Selezione verticale cm.0,15.

Distributore: HelpICare.



Figura A.44: Mini Joystick with push

### **Joystick with Pad**

Sensore multiplo molto resistente costituito da una leva joystick a quattro posizioni e da un sensore a pressione collocato sulla stessa base.

Dimensioni: cm.28 x 18 x 12.

Forza di scatto: gr.200.

Corsa di scatto: joystick cm.0,6 - pulsante cm.1,5.

Distributore: HelpICare.



Figura A.45: Joystick with Pad

### **Penta**

Sensore multiplo a pressione di piccole dimensioni, composto da cinque pulsanti disposti a stella. Può essere tenuto nel palmo della mano e azionato col pollice.

Dimensioni: diametro cm.5 - altezza cm.1,3.

Forza di scatto: gr.120.

Corsa di scatto: mm.0,7.

Distributore: Auxilia.



Figura A.46: Sensore multiplo Penta

### **Star**

Cinque sensori disposti a croce su un'unica superficie leggermente rientrante. È fornito di cinque adesivi colorati. Fornisce feedback tattile e sonoro.

Dimensioni: cm.23 x 23 x 1,3.

Forza di scatto: gr.150.

Corsa di scatto: cm 0,07.

Distributore: ARS.



Figura A.47: Star

### **Integra Mouse**

Permette di gestire tutte le funzioni del mouse attraverso la bocca. È composto da un beccuccio con funzioni di joystick da stringere tra le labbra attraverso il quale si controlla il movimento del cursore. Le azioni tipiche del mouse vengono invece azionate soffiando e succhiando aria nel medesimo beccuccio e richiede pochissima forza per funzionare. Adatto a tutti coloro che non possono utilizzare le braccia e le mani, consente una piena autonomia nell'utilizzo del computer.

Distributore: HelpICare.

### **Schermo Tattile**

Lo schermo tattile è una superficie sensibile e trasparente che si sovrappone allo schermo del computer e che assolve completamente le



Figura A.48: Integra Mouse

funzioni del mouse: per spostare il cursore del mouse è sufficiente toccare la superficie sensibile in corrispondenza della posizione desiderata. Particolarmente indicato per bambini o per persone con difficoltà cognitive e per chi presenta difficoltà di coordinamento visuomotorio. Il cursore compare nel punto in cui lo schermo viene toccato, e questo rende il sistema di puntamento adatto anche a chi presenta ipovisione o difficoltà nel mantenimento dello sguardo.

Distributore: Leonardo.



Figura A.49: Schermo Tattile

## Appendice B

# Modelli Markoviani

### B.1 Hidden Markov Model (HMM)

Gli HMM, sono una classe di strumenti matematici sempre più largamente utilizzata, soprattutto nell'ultimo decennio, in Intelligenza Artificiale nell'ambito di processi di riconoscimento del parlato e dei gesti, ma anche in numerosi altri settori<sup>1</sup>.

La teoria alla base degli HMMs non è recente, i fondamenti furono pubblicati in una serie di scritti da Baum [10, 11] risalenti alla fine degli anni '60 e furono implementati per applicazioni di speech processing da Jelinek e colleghi all'IBM negli anni '70 [7, 50]. Nonostante ciò, la diffusione e lo studio approfondito di tali modelli è avvenuta solo negli ultimi anni, un po' a causa di mancanza di tutorial, un po' perché i documenti venivano pubblicati su riviste matematiche altamente specializzate.

I motivi del successo di tali modelli possono essere riassunti in due punti:

1. tali modelli possiedono una ricca struttura matematica e quindi possono contare su una possente base teorica per l'uso in un largo spettro di applicazioni;
2. i modelli, se adeguatamente applicati, lavorano molto bene offrendo delle ottime prestazioni.

Gli HMMs descrivono sistemi dinamici regolati da equazioni, in generale non lineari, i cui stati e osservazioni consistono in processi aleatori, e di cui non è possibile un'osservazione diretta del valore, ma si

---

<sup>1</sup>Gli HMMs sono molto utilizzati nell'elaborazione dei segnali e per l'identificazione parametrica, in applicazioni di Bioinformatica e Informatica Medica (Human Genome Project, analisi di segnali EEG, studio di proteine), in campo economico-finanziario, nel settore della robotica (planning, learning), ecc.

ha accesso soltanto a versioni “corrotte” da rumore stocastico regolate da una equazione di misura.

È possibile considerare gli HMMs come un'estensione dei tradizionali modelli di Markov (fig. B.1) [30]; in quest'ultimi ogni stato è osservabile (ovvero è possibile associarvi un certo evento o simbolo), mentre negli Hidden Markov Models, gli stati non sono direttamente osservabili e i simboli emessi dipendono da una certa distribuzione di probabilità nota, associata allo stato (fig. B.2).

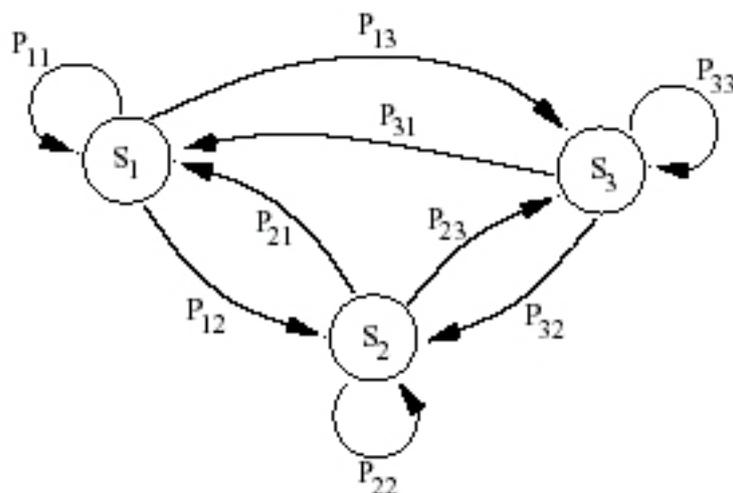


Figura B.1: Modello di Markov

È possibile paragonare gli HMMs ad un duplice processo stocastico, ossia un processo che non può essere direttamente osservato se non attraverso un insieme di altri processi stocastici che producono la sequenza di osservazioni. In entrambi i modelli, presupponiamo valga la proprietà di Markov del primo ordine: la probabilità che il sistema si trovi in un certo stato dipende solo dallo stato corrente e da quello immediatamente precedente e non da tutta la storia passata.

Per fissare le idee si consideri il seguente esempio: supponiamo di avere  $N$  urne in una stanza all'interno delle quali c'è un certo numero di palline di  $M$  colori diversi. Un uomo, seguendo un certo processo casuale, sceglie un'urna iniziale e da questa sceglie casualmente una pallina, il cui colore costituirà la prima osservazione del processo. La pallina viene poi rimessa nell'urna e l'uomo sceglie una nuova urna, sulla base di un processo di selezione casuale associato all'urna corrente. Viene così estratta una nuova pallina e il processo continua. Si avrà una sequenza finita di osservazioni di colori che costituiscono l'uscita

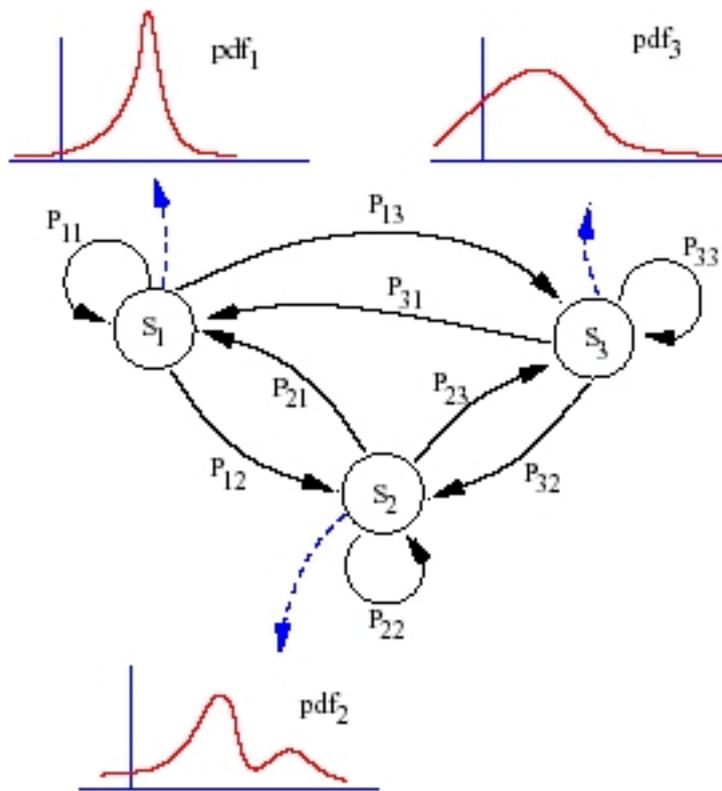


Figura B.2: Hidden Markov Model

dell'HMM sottostante. L'osservatore vede solo la sequenza di palline estratte ma non sa da quale urna vengono estratte, ecco perché si parla di stati nascosti.

Dovrebbe essere ovvio che il più semplice HMM corrispondente a tale processo è costituito da una serie di stati che corrispondono alle singole urne e per ogni stato si ha una gamma di possibili osservazioni/uscite rappresentate dai colori delle palline a cui è associata una certa probabilità di emissione.

Un HMM è quindi caratterizzato dai seguenti elementi:

- $S \triangleq \{s_i\}$ , insieme finito dei possibili stati (nascosti)
- $N = |S|$ , numero di stati del modello
- $V \triangleq \{v_k\}$ , insieme finito dei possibili simboli osservabili
- $M = |V|$ , numero di possibili simboli osservabili



- $O(t)$ , simbolo osservato nell'istante  $t$ ,  $O(t) \in V$
- $T$ , lunghezza della sequenza di osservazioni
- $\pi_i = P(Q(0) = s_i)$ , con  $1 \leq i \leq N$  e  $\sum_{i=1}^N \pi_i = 1$
- $\Pi[N]$ , vettore delle probabilità iniziali degli stati ( $\Pi[N] = \{\pi_i\}$ )
- $a_{ii'} = P(Q(t+1) = s_i | Q(t) = s_{i'})$ , con  $1 \leq i, i' \leq N$  e  $\sum_{i=1}^N a_{ii'} = 1$
- $A[N][N]$ , matrice di transizione degli stati ( $A = \{a_{ii'}\}$ )
- $b_k^i = P(O(t) = v_k^{(i)} | Q(t) = s_i)$ , con  $1 \leq i \leq N$ ;  $1 \leq k \leq M^{(i)}$  e  $\sum_{k=1}^{M^{(i)}} b_k^i = 1$
- $B[N][M]$ , matrice di emissione ( $B = \{b_k^i\}$ )

Si identifichi un HMM con una tripla  $\lambda = (A, B, \Pi)$ , assegnando opportuni valori a  $N, M$  e  $\lambda$ , è possibile utilizzare l'HMM come generatore di una certa sequenza temporale  $O = O(0), O(1), \dots, O(T)$ , dove ogni osservazione  $O(t)$  è un simbolo dell'insieme  $V$ .

La procedura generativa è la seguente:

1. scegliere lo stato iniziale  $Q(0) = s_i$  in base alla distribuzione iniziale  $\Pi$ ;
2. sia  $t = 0$ ;
3. scegliere  $O(t) = v_k^{(i)}$  in base alla distribuzione di probabilità dei simboli nello stato  $s_i$ , cioè  $b_k^i$ ;
4. effettuare una transizione al nuovo stato  $Q(t+1) = s_j$  in base alla probabilità di transizione per lo stato  $s_j$ , cioè  $a_{ji}$ ;
5. sia  $t = t + 1$ ; se  $t \leq T$  ritornare al punto 3, altrimenti terminare.

Una volta decisa la topologia<sup>2</sup> del particolare Hidden Markov Model, il suo utilizzo pratico richiede la soluzione di tre diversi problemi, di cui si riporta in breve la soluzione tipicamente adottata.

---

<sup>2</sup>Definire la topologia di un HMM significa specificare quali siano gli stati, i simboli osservabili da ogni stato e come siano connessi fra loro i vari stati.

### B.1.1 Problema 1: Evaluation Problem

Sia data una sequenza di osservazioni  $O = O(0), O(1), \dots, O(T)$  e un modello  $\lambda = (A, B, \Pi)$ . Come possiamo calcolare efficientemente la probabilità  $P(O|\lambda)$ , ossia la probabilità della sequenza di osservazioni dato il modello?

La procedura più efficiente per risolvere questo problema è l'algoritmo di Forward-Backward, o meglio, in questo caso è sufficiente la fase di forward: sia

$$\alpha_i(t) = P(O(0), O(1), \dots, O(t), Q(t) = s_i | \lambda)$$

la variabile di forward, ossia la probabilità della sequenza parziale di osservazioni  $O(0), O(1), \dots, O(t)$  essendo nello stato  $s_i$  al tempo  $t$  dato il modello  $\lambda$ .

Il procedimento di calcolo è così composto:

1. Inizializzazione:

$$\alpha_i(0) = \pi_i b_k^i, \text{ con } 1 \leq i \leq N \quad (\text{B.1})$$

2. Passo induttivo:

$$\alpha_i(t+1) = \left[ \sum_{i'=1}^N \alpha_{i'}(t) a_{ii'} \right] b_k^i, \text{ con } 1 \leq i \leq N \text{ e } 0 \leq t \leq T-1 \quad (\text{B.2})$$

3. Terminazione:

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(T) \quad (\text{B.3})$$

Riportiamo per completezza anche i passi della fase di backward, anche se non servono per risolvere questo problema, ma verranno impiegati per il problema 3: sia

$$\beta_i(t) = P(O(t+1), O(t+2), \dots, O(T) | Q(t) = s_i, \lambda)$$

la variabile di backward, ossia la probabilità della sequenza parziale di osservazioni dal tempo  $t+1$  alla fine, dato lo stato  $s_i$  al tempo  $t$  e il modello  $\lambda$ .

Il procedimento di calcolo è così composto:

1. Inizializzazione:

$$\beta_i(T) = 1, \text{ con } 1 \leq i \leq N \quad (\text{B.4})$$

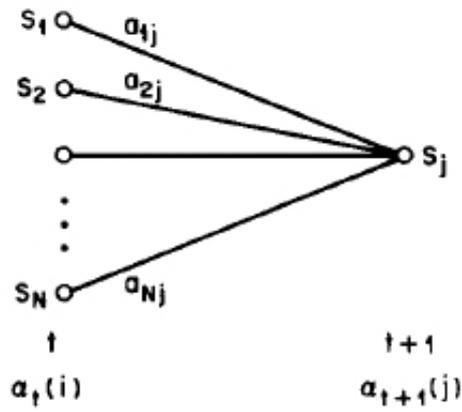


Figura B.5: Passo induttivo della fase di Forward

2. Passo induttivo:

$$\beta_{i'}(t) = \sum_{i=1}^N a_{ii'} b_k^i \beta_i(t+1) , \text{ con } 1 \leq i' \leq N \text{ e } t = T-1, T-2, \dots, 0 \quad (\text{B.5})$$

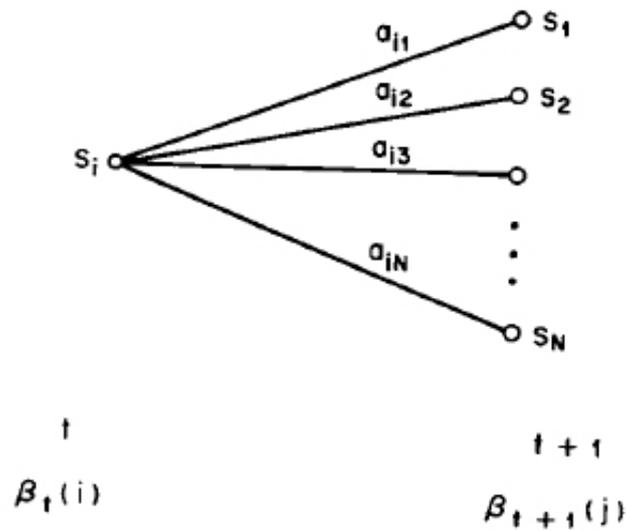


Figura B.6: Passo induttivo della fase di Backward

### B.1.2 Problema 2: Decoding Problem

Sia data una sequenza di osservazioni  $O(0), O(1), \dots, O(T)$  e un modello  $\lambda = (A, B, \Pi)$ . Come possiamo scegliere una corrispondente sequenza di stati  $Q = Q(0), Q(1), \dots, Q(T)$ , con  $Q \subset S$ , in modo che  $P(O, Q|\lambda)$ , cioè la probabilità congiunta della sequenza di osservazioni e della sequenza di stati dato il modello, sia massima?

La tecnica più efficiente per risolvere tale problema è nota come algoritmo di Viterbi [35]: sia

$$\delta_i(t) = \max_{Q(0), Q(1), \dots, Q(t-1)} P(Q(0), Q(1), \dots, Q(t) = s_i, O(0), O(1), \dots, O(t)|\lambda)$$

la più alta probabilità al tempo  $t$ .

Per induzione si ha

$$\delta_{i'}(t+1) = \left[ \max_i \delta_i(t) a_{i'i} \right] b_{i'}^{i'}$$

Per ottenere la miglior sequenza di stati che soddisfa il problema:

1. Inizializzazione:

$$\delta_i(0) = \pi_i b_k^i, \text{ con } 1 \leq i \leq N \quad (\text{B.6})$$

$$\psi_i(0) = 0 \quad (\text{B.7})$$

2. Ricorsione:

$$\delta_{i'}(t) = \max_{1 \leq i \leq N} \left[ \delta_i(t-1) a_{i'i} \right] b_{i'}^{i'}, \text{ con } 1 \leq i' \leq N \text{ e } 1 \leq t \leq T \quad (\text{B.8})$$

$$\psi_{i'}(t) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} \left[ \delta_i(t-1) a_{i'i} \right], \text{ con } 1 \leq i' \leq N \text{ e } 1 \leq t \leq T \quad (\text{B.9})$$

3. Terminazione:

$$P = \max_{1 \leq i \leq N} \left[ \delta_i(T) \right] \quad (\text{B.10})$$

$$Q(T) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} \left[ \delta_i(T) \right] \quad (\text{B.11})$$

4. Sequenza stati:

$$Q(T) = \psi_{Q(t+1)}(t+1), \text{ con } t = T-1, T-2, \dots, 0 \quad (\text{B.12})$$

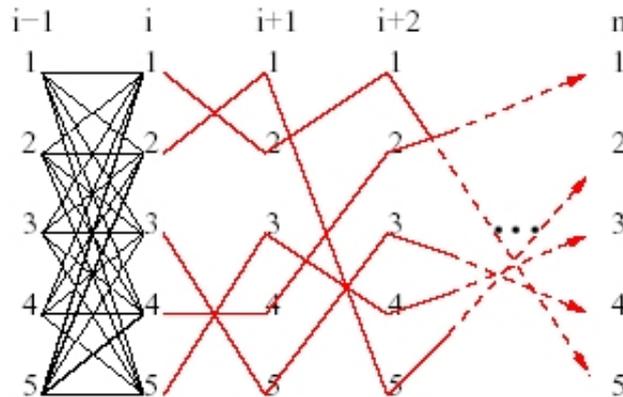


Figura B.7: Passo dell'algoritmo di Viterbi

### B.1.3 Problema 3: Estimation Problem

Come possiamo migliorare i parametri del modello  $\lambda = (A, B, \Pi)$  in modo che  $P(O|\lambda)$  sia massima?

In questo problema (noto anche come problema di *training*, addestramento, o di *learning*, apprendimento) si cercano di ottimizzare i parametri del modello, in modo che questo descriva al meglio una sequenza di osservazioni data. Tale sequenza è chiamata sequenza di training, proprio perché viene usata per addestrare l'HMM. Il problema dell'addestramento è il problema cruciale per la maggior parte delle applicazioni riguardanti gli Hidden Markov Models, dato che una difficoltà importante che si presenta nell'utilizzo di modelli matematici, per rappresentare un qualsiasi fenomeno fisico o sistema dinamico, consiste nel fatto che solitamente si hanno a priori pochissime informazioni per determinare i valori dei parametri fondamentali dei modelli stessi, una volta scelta la classe di formalismi da adottare.

Come vedremo gli HMMs hanno una straordinaria capacità di apprendimento di questi parametri anche se non esiste un metodo che massimizzi, in modo assoluto, la probabilità della sequenza osservata. Infatti, data una sequenza finita di osservazioni come training data, non esiste, al momento, una soluzione analitica per stimare i parametri del modello. Si può solamente scegliere  $\lambda = (A, B, \Pi)$  tale che  $P(O|\lambda)$  sia massima localmente, usando una procedura iterativa come il metodo EM [28, 13] (expectation-maximization) di cui l'algoritmo di Baum-Welch non è altro che una sua applicazione alla specifica classe degli HMMs, di cui segue una descrizione schematica: sia

$$\xi_{ii'} = P(Q(t) = s_{i'}, Q(t+1) = s_i | O, \lambda)$$

la probabilità di essere nello stato  $s_{i'}$  al tempo  $t$  e nello stato  $s_i$  al tempo  $t + 1$ , dato il modello e la sequenza delle osservazioni. Grazie alla definizione delle variabili di forward e backward (cfr.sez. B.1.1) possiamo riscrivere  $\xi_{ii'}$  nel seguente modo:

$$\xi_{ii'} = \frac{\alpha_{i'}(t)a_{ii'}b_k^i\beta_i(t+1)}{P(O|\lambda)} = \frac{\alpha_{i'}(t)a_{ii'}b_k^i\beta_i(t+1)}{\sum_{i'=1}^N \sum_{i=1}^N \alpha_{i'}(t)a_{ii'}b_k^i\beta_i(t+1)} \quad (\text{B.13})$$

Definiamo  $\gamma_i(t) = P(Q(t) = s_i|O, \lambda)$  si ha:

$$\gamma_i(t) = \frac{\alpha_i(t)\beta_i(t)}{P(O|\lambda)} = \frac{\alpha_i(t)\beta_i(t)}{\sum_{i=1}^N \alpha_i(t)\beta_i(t)} \quad (\text{B.14})$$

e quindi

$$\gamma_i(t) = \sum_{i'=1}^N \xi_{i'i}(t) \quad (\text{B.15})$$

da cui si deduce:

$$\sum_{t=0}^{T-1} \gamma_i(t) = \text{numero di transizioni da } s_i$$

$$\sum_{t=0}^{T-1} \xi_{ii'}(t) = \text{numero di transizioni da } s_{i'} \text{ a } s_i$$

A questo punto possiamo stimare i parametri del modello con le seguenti formule:

$$\bar{\pi}_i = \gamma_i(0) , \text{ n. volte nello stato } s_i \text{ al tempo } 0 \quad (\text{B.16})$$

$$\bar{a}_{ii'} = \frac{\sum_{t=0}^{T-1} \xi_{ii'}(t)}{\sum_{t=0}^{T-1} \gamma_{i'}(t)} , \frac{\text{n.transizioni dallo stato } s_{i'} \text{ a } s_i}{\text{n.transizioni dallo stato } s_{i'}} \quad (\text{B.17})$$

$$\bar{b}_k^i = \frac{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t)}{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t)}, \frac{\text{n.volte osservato simbolo } v_k^{(i)} \text{ nello stato } s_i}{\text{n.volte nello stato } s_i} \quad (\text{B.18})$$

Se chiamiamo il modello così trovato come  $\lambda = (A, B, \Pi)$  e usiamo tali valori per stimare nuovamente i suoi parametri con le formule sopra, otterremo un modello  $\bar{\lambda} = (\bar{A}, \bar{B}, \bar{\Pi})$  e si può dimostrare [11] che  $P(O|\bar{\lambda}) > P(O|\lambda)$ . Si può pertanto iterare il metodo ripetendo la stima dei parametri, fino ad ottenere un punto di massimo locale<sup>3</sup>.

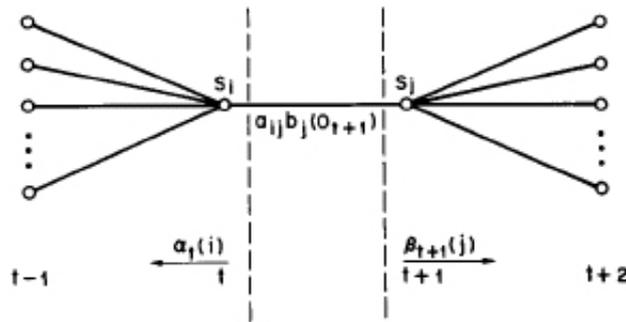


Figura B.8: Passo dell'algoritmo di Baum-Welch

Il problema della stima dei parametri si potrebbe ritenere concluso, dal punto di vista teorico, con le formule appena esposte. In realtà, quando si passa all'implementazione di un HMM, occorre affrontare una serie di altri sottoproblemi inerenti all'apprendimento dei parametri, le cui soluzioni contribuiscono a rendere più efficiente la versione classica dell'algoritmo di Baum-Welch, incrementandone la performance e offrendo un modello che rappresenta molto più fedelmente il fenomeno in questione.

Di seguito vengono pertanto brevemente presentati alcuni problemi pratici della fase di training, con le relative soluzioni.

<sup>3</sup>In realtà potrebbero esistere molti massimi locali per cui non si ottiene un modello che descrive sufficientemente bene il fenomeno in questione. Esistono comunque alcuni accorgimenti per migliorare tale procedura che abbiamo tralasciato in questo appendice, ma di cui si trova dettagliata documentazione in letteratura [28, 83].

### Fattore di scala

Si può osservare che per  $t$  sufficientemente grande la computazione di  $\alpha_i(t)$  oltrepassa la precisione di qualunque macchina, perfino in doppia precisione, tendendo a 0 in modo esponenziale. Pertanto, l'unica via per permettere di eseguire i calcoli evitando problemi di underflow, consiste nell'impiegare un adeguato fattore di scala.

Per ogni  $t$ , si calcola  $\alpha_i(t)$ , con la formula B.2

$$\alpha_i(t) = \left[ \sum_{i'=1}^N \alpha_{i'}(t-1) a_{ii'} \right] b_k^i$$

e lo si moltiplica per il coefficiente di scala

$$c(t) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \alpha_i(t)}$$

ottenendo quindi

$$\hat{\alpha}_i(t) = c(t) \alpha_i(t)$$

Analogamente, per  $\beta_i(t)$ , che tra l'altro tende a zero più velocemente che  $\alpha_i(t)$ ,

$$\hat{\beta}_i(t) = c(t) \beta_i(t)$$

A questo punto le equazioni di stima dell'algorithmo di Baum-Welch B.17 e B.18 diventano:

$$\bar{a}_{ii'} = \frac{\sum_{t=0}^{T-1} \hat{\alpha}_{i'}(t) a_{ii'} b_k^i \hat{\beta}_i(t+1)}{\sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^N \hat{\alpha}_{i'}(t) a_{ii'} b_k^i \hat{\beta}_i(t+1)} \quad (\text{B.19})$$

$$\bar{b}_k^i = \frac{\sum_{t=0}^T \hat{\alpha}_i(t) \hat{\beta}_i^h(t)}{\sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^N \hat{\alpha}_i(t) \hat{\beta}_i^h(t)} \quad (\text{B.20})$$

$t.c.O(t)=v_k^{(i)}$

È ovvio che la procedura vista va applicata solo in quei casi in cui serve, quando non è necessaria si possono comunque considerare le formule sopra esposte forzando  $c(t) = 1$ .

Accanto a questa soluzione che fa uso del fattore di scala, al fine di evitare problemi numerici, per computazioni che producono risultati

molto piccoli, è possibile usare la funzione logaritmo. Ad esempio,  $P(O|\lambda)$ , il cui valore, in genere, va oltre la precisione macchina, viene calcolata come  $\log P(O|\lambda)$ .

### Sequenze multiple di osservazioni

Per avere una stima veramente affidabile è impensabile limitarsi ad usare una singola sequenza di osservazioni. Pertanto, al fine di avere stima ottimale di tutti i parametri del modello, è necessario usare un training set costituito da più sequenze di osservazioni.

La procedura per il calcolo di parametri diventa la seguente: sia dato un insieme di  $H$  sequenze di osservazioni  $O = \{O^1, O^2, \dots, O^H\}$ , indipendenti l'una dall'altra, dove  $O^h = [O^h(0), O^h(1), \dots, O^h(T_h)]$  è la  $h$ -esima sequenza di osservazioni. L'obiettivo è stimare i parametri del modello  $\lambda$  in modo da massimizzare

$$P(O|\lambda) = \prod_{h=1}^H P(O^h|\lambda) = \prod_{h=1}^H P_h$$

Di conseguenza, le formule di stima B.17 e B.18 risultano così modificate:

$$\bar{a}_{ii'} = \frac{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_{i'}^h(t) a_{ii'} b_k^i \beta_i^h(t+1)}{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_{i'}^h(t) \beta_i^h(t)} \quad (\text{B.21})$$

$$\bar{b}_k^i = \frac{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_i^h(t) \beta_i^h(t)}{\sum_{h=1}^H \frac{1}{P_h} \sum_{t=0}^{T_h-1} \alpha_i^h(t) \beta_i^h(t)} \quad (\text{B.22})$$

t.c.  $O^h(t) = v_k^{(i)}$

Ovviamente è possibile anche a queste formule applicare il fattore di scala, come spiegato precedentemente.

### Stima iniziale dei parametri

Dato che il ciclo ripetuto dell'algoritmo di Baum-Welch per la stima dei parametri porta, in pratica, a un massimo locale, la stima iniziale dei parametri del modello diventa un problema chiave, affinché il massimo locale possa essere anche globale, o prossimo a questo. In teoria, non

esiste una soluzione semplice e immediata per questo problema, ma le precedenti esperienze in questo campo hanno mostrato che la scelta casuale o una stima uniforme dei parametri  $A$  e  $\Pi$  sono scelte adeguate. Per quanto riguarda la matrice  $B$  la questione è più delicata e per avere una stima affidabile del modello si può ricorrere a una tecnica nota come Segmental k-Means<sup>4</sup>, di cui spieghiamo il funzionamento.

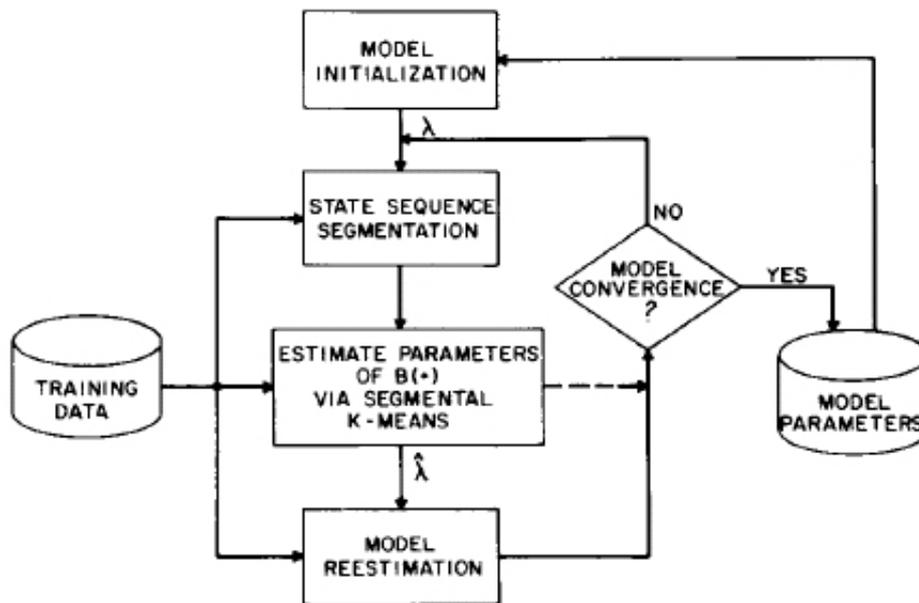


Figura B.9: Schema di funzionamento della Segmental k-Means

Supponiamo di avere una stima iniziale di tutti i parametri del modello che possono essere scelti in modo casuale, oppure sulla base di proprie conoscenze riguardanti il fenomeno in questione.

A questo punto le sequenze di osservazioni che costituiscono il training data set vengono segmentate fra gli stati dell'HMM. Più precisamente, questa segmentazione avviene cercando la miglior sequenza di stati  $Q \subset S$  tale che  $P(O, Q|\lambda)$ , sia massima, facendo uso dell'algoritmo di Viterbi. Nel caso di densità discreta delle osservazioni, all'interno di ogni stato si può pensare di avere un vettore con tutti i simboli che sono stati emessi da quello stato e, per ogni simbolo, riporta il numero di occorrenze. La stima di  $b_k^i$  è quindi data dal rapporto tra il numero di occorrenze del simbolo  $v_k^i$  nello stato  $s_i$  e il numero totale delle occorrenze dei simboli nello stato  $s_i$ .

<sup>4</sup>Questa procedura [55, 56] è una variante della tecnica iterativa k-means ben nota per il clustering dei dati.

### Effetti di un training set insufficiente

Essendo finito il numero delle sequenze di osservazioni usate per la fase di training, può accadere che i dati siano insufficienti a fornire una buona stima dei parametri del modello.

Una prima soluzione a questo problema sarebbe quella di incrementare la dimensione del training set (numero di sequenze, numero di osservazioni per sequenza), anche se spesso risulta impraticabile per motivi di tempo o costo.

Una seconda soluzione consiste nel ridurre la dimensione del modello (numero degli stati, numero di simboli per stato, ecc.), ma sebbene sia una via sempre percorribile, spesso ci sono modelli che non possono essere cambiati in dimensione, in quanto non descriverebbero più il fenomeno in questione.

Una ulteriore soluzione [51, 83] è quella di interpolare una stima dei parametri del modello  $\lambda$  da costruire, con una stima dei parametri relativi a un modello  $\lambda'$ , di dimensioni ridotte, per il quale sia disponibile un training set sufficiente per fornire una buona stima. La stima dei parametri del modello  $\lambda$  cercato si ottiene interpolando le due stime precedenti:

$$\bar{\lambda} = \epsilon\lambda + (1 - \epsilon)\lambda'$$

dove  $\epsilon$  rappresenta il peso dei parametri del modello cercato, ed è funzione della grandezza del training set a disposizione.

## B.2 AutoRegressive Hidden Markov Model (AR-HMM)

Nonostante gli HMM siano applicabili a un largo numero di problemi, esiste una variante di tale classe di modelli particolarmente adatta a essere applicata nel campo dei processi di riconoscimento del parlato: gli AutoRegressive Hidden Markov Models.

In sostanza non sono altro che HMMs con l'unica, importante, differenza che l'uscita dipende non solo dallo stato in cui ci si trova, ma anche dall'uscita precedente, attraverso un modello di regressione.

Questa estensione può essere implementata abbastanza facilmente rispetto ai modelli classici, nonostante la teoria e il formalismo su cui si basa la regressione possano, a prima vista, apparire un po' complessi.

Si consideri un vettore delle osservazioni  $O = [O(0), O(1), \dots, O(T - 1)]$ , con funzione di densità di probabilità Gaussiana di ordine  $P$ . Di

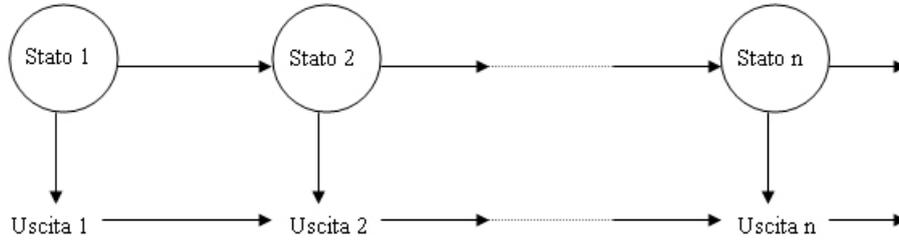


Figura B.10: Modello grafico dell'AR-HMM

conseguenza le singole osservazioni sono così correlate:

$$O(t) = - \sum_{j=1}^P r_j O(t-j) + w(t) \quad (\text{B.23})$$

dove  $w(t)$ , con  $t = 0, 1, \dots, T-1$ , sono variabili casuali indipendenti con distribuzione Gaussiana di media 0 e varianza  $\sigma_w^2$ ;  $r_j$  con  $j = 1, 2, \dots, P$ , sono i coefficienti di predizione o di autoregressione. Come si vede, l'osservazione  $t$ -esima è funzione delle precedenti  $P$  osservazioni, pertanto si parla di modello autoregressivo di ordine  $P$ .

A questo punto la probabilità del vettore delle osservazioni è il prodotto delle probabilità condizionali:

$$\begin{aligned} f_o(O) &= \prod_{t=0}^{T-1} f_{O(t)|O(t-1), \dots, O(t-P)}(O(t)|O(t-1), \dots, O(t-P)) \\ &= \prod_{t=0}^{T-1} f_{w(t)}(w(t)) \\ &= \prod_{t=0}^{T-1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_w} e^{-\frac{(O(t)+r_1O(t-1)+\dots+r_PO(t-P))^2}{2}\sigma_w^2} \\ &= \frac{1}{(2\pi)^{\frac{T}{2}}\sigma_w^T} e^{-\sum_{t=0}^{T-1} \frac{(O(t)+r_1O(t-1)+\dots+r_PO(t-P))^2}{2}\sigma_w^2} \end{aligned} \quad (\text{B.24})$$

L'esponente può essere riscritto come

$$-\frac{1}{2\sigma_w^2} \sum_{t=0}^{T-1} (O(t)+r_1O(t-1)+\dots+r_PO(t-P))^2 = -\frac{1}{2\sigma_w^2} \left[ r_a(0)r_o(0) + 2 \sum_{j=1}^P r_a(j)r_o(j) \right]$$

dove

$$r = [1, r_1, r_2, \dots, r_P]$$

$$r_a(j) = \sum_{n=0}^{P-j} r_n r_{n+j}, \text{ con } a_0 = 1 \text{ e } 1 \leq j \leq P$$

rappresenta l'autocorrelazione dei coefficienti autoregressivi, e:

$$r_o(j) = \sum_{n=0}^{T-j-1} O(n)O(n+j), \text{ con } 0 \leq j \leq P$$

rappresenta l'autocorrelazione dei campioni osservati.

Pertanto la densità di probabilità può essere scritta come

$$f(O) = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^{-\frac{T}{2}} e^{-\frac{T}{2}\delta(O,r)} \quad (\text{B.25})$$

dove:

$$\delta(O, r) = r_a(0)r_o(0) + 2 \sum_{j=1}^P r_a(j)r_o(j) \quad (\text{B.26})$$

Facendo tutte le dovute approssimazioni (in vista degli algoritmi di backward-forward) si ottiene che la probabilità del vettore di osservazione  $O$  nell' $i$ -esimo stato è proporzionale a

$$b_k^i = e^{-\frac{T}{2}\delta(O,r_i)} \quad (\text{B.27})$$

Anche per gli AR-HMM esistono i tre problemi elencati per gli Hidden Markov Models classici, riportiamo però solo la soluzione del problema 3 (problema di training), quello più importante, riguardante la stima dei parametri del modello, che verrà affrontato sempre con l'algoritmo di Baum-Welch (versione AR-HMM) caso particolare del metodo EM [54] per AR-HMM.

In questo caso oltre ai parametri del modello  $A, B, \Pi$  occorre stimare i coefficienti di autoregressione  $r_j$ , la media  $\mu_w$  e la varianza  $\sigma_w^2$  delle variabili casuali  $w(t)$ .

Le formule a cui si giunge dopo alcuni passaggi matematici sono:

$$\bar{\pi}_i = \gamma_i(0) \quad (\text{B.28})$$

$$\bar{a}_{ii'} = \frac{\sum_{t=0}^{T-1} \xi_{ii'}(t)}{\sum_{t=0}^{T-1} \gamma_{i'}(t)} \quad (\text{B.29})$$

$$\bar{b}_k^i = \frac{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t)}{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t)} \quad (\text{B.30})$$

mentre i coefficienti di autoregressione e la media di  $w(t)$  si ottengono minimizzando l'espressione

$$\sum_{t=0}^T \gamma_i(t) \left( O(t) - \bar{\mu}_i - \sum_{j=1}^P \bar{r}_i(j) O(t-j) \right)^2$$

e le varianze sono invece ricavabili dalla seguente formula:

$$\bar{\sigma}_w^2(i) = \frac{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t) \left( O(t) - \bar{\mu}_i - \sum_{j=1}^P \bar{r}_i(j) O(t-j) \right)^2}{\sum_{t=0}^T \gamma_i(t)} \quad (\text{B.31})$$

## Appendice C

# Lo strumento MPT (Matching Person and Technology)

### C.1 Caratteristiche generali

Studi in letteratura mostrano come il fenomeno dell'abbandono dell'ausilio informatico sia più frequente di quel che si pensa. Gli strumenti di valutazione che costituiscono il modello MPT sono stati elaborati per aiutare sia chi propone che chi utilizzerà tecnologie di ausilio considerando non solo le aspettative e le preferenze dell'utilizzatore ma anche il proprio passato, l'influenza familiare e ambientale, i fattori economici e il training necessario.

L'abbandono dell'ausilio è in genere casusato da tre grossi aspetti che un buon ingegnere informatico non dovrebbe dimenticare:

- la mancanza di una valutazione accurata delle esigenze, della personalità e dello stile di vita dell'utente;
- l'utente non è stato messo al centro delle scelte;
- l'assenza di dialogo tra consulente/sviluppatore dell'ICT e utente.

Capita che la tecnologia in sé possa apparire perfetta per un dato bisogno, ma che l'utente non posseda le appropriate caratteristiche personali e sociali, oppure non riceva dall'ambiente quel supporto necessario che di fatto può portare a far sì che la tecnologia possa non essere utilizzata, o usata in modo inappropriato causando così frustrazione e dispendio di denaro per tutti coloro che sono coinvolti.

Andando più in dettaglio, i motivi dell'abbandono possono essere così riassunti, in base all'area di attenzione:

### 1. Persona

- demotivata, non collaborante, intimorita dalla tecnologia,
- timore di divenire dipendente, perdere le proprie abilità,
- non possiede le capacità necessarie per utilizzare l'ausilio.

### 2. Tecnologia

- complicata,
- assistenza e riparazioni non adeguate,
- inefficiente: non consegue gli obiettivi.

### 3. Ambiente

- scarso supporto da parte di familiari, amici, ecc.,
- aspettative irrealistiche da parte della famiglia,
- richiede apprendimento e assistenza non disponibili.

Lo strumento MPT prevede il calcolo di una serie di punteggi che hanno principalmente un ruolo di indicatori, non esiste infatti una scala di riferimento (anche perchè il metodo è recente e pertanto non è ancora stata realizzata una statistica in merito), ma è fondamentale l'interpretazione dei risultati che risulta contestuale alla compilazione.

## **C.2 Le componenti del sistema**

Questo strumento è composto da una serie di fogli lavoro da compilare scegliendo quelli più idonei al caso applicativo in questione, come mostra la figura C.1.

Il modello MPT è uno strumento di lavoro di partnership, in quanto prevede delle modalità di compilazione e analisi da fare singolarmente, insieme, in parallelo o confrontando i diversi punti di vista degli attori in gioco: utente (o famiglia nel caso il soggetto disabile non sia in grado di collaborare), ingegneri informatici, specialisti medici, esperti del settore dell'handicap.

Di seguito vengono riportati i moduli dei sei strumenti che compongono il modello, ricordando che nel nostro caso applicativo sono stati utilizzati solo i primi tre (cfr. par. 3.4.1). Per maggiori dettagli riguardanti la validità del metodo, le basi teoriche, il calcolo dei punteggi e l'interpretazione dei risultati, si rimanda al documento prodotto dal S.I.V.A. [89] da cui è tratta questa appendice.

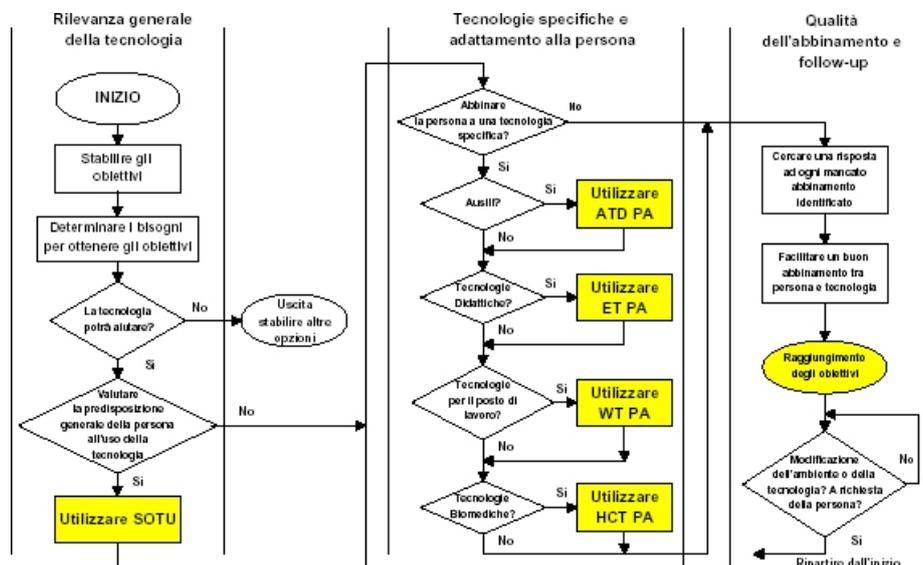


Figura C.1: Diagramma di flusso per la scelta degli strumenti di valutazione

### C.2.1 Il foglio di lavoro MPT

Lo strumento base con cui inizia la somministrazione del metodo MPT ha lo scopo di individuare le limitazioni che l'individuo incontra nel quotidiano e definire quali siano gli obiettivi da raggiungere, le tecnologie usate in passato, quelle di possibile impiego futuro e gli adattamenti ambientali desiderati.

### C.2.2 SOTU (Survey Of Technology Use)

Il questionario SOTU (Survey Of Technology Use, ossia Analisi della tecnologia utilizzata) è progettato per operatori che stanno valutando la possibilità di fornire a una persona un ausilio tecnologico, ma hanno la percezione che questa possa avere riluttanza a usarlo. Il suo scopo è assistere l'operatore nell'identificare e modificare aspetti che inibiscono la percezione di benessere e di autostima da parte della persona nel momento in cui questa si trova esposta alla tecnologia.

### C.2.3 ATD PA (Assistive Technology Device Predisposition Assessment)

Lo strumento ATD PA (Assistive Technology Device Predisposition Assessment, ossia Valutazione della predisposizione agli ausili) è concepito per individuare e valutare eventuali incentivi o disincentivi all'uso del-

Limitazioni (scrivere le specifiche limitazioni notate in ciascuna delle seguenti aree)	Obiettivi ed interventi progettati	Esempi di possibili ausili o adattamenti ambientali
Comunicazione:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tabella manuale per la comunicazione ed un ausilio elettronico per la comunicazione.</li> <li>• costruire abilità di comunicazione negli interlocutori significativi per l'utente</li> </ul>
Mobilità:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• carrozzine (manuale-elettronica) deambulatore, adattamento guida per l'auto</li> <li>• pedane sui pullman, rampe, pavimentazione appropriata</li> </ul>
Vista:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ingranditori, ausili per la lettura, segnaletica acustica</li> <li>• illuminazione appropriata, segnaletica acustica, cartelli tattili, insegna tattile</li> </ul>
Udito:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausili auricolari, amplificatori telefonici, sistema FM personale, decoder TV, ausili per la segnaletica ausili per la telecomunicazione</li> <li>• riduzione del rumore</li> </ul>
Lettura/scrittura:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• libri parlanti, PC con sintesi vocale</li> <li>• disponibilità di lettori, e di chi prenda note, leggibilità dei testi</li> </ul>
Attività domestiche:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dotazione di apparecchi domestici, unità di controllo ambientale</li> <li>• accesso; design, disposizione e dimensioni adeguate delle apparecchiature da utilizzare</li> </ul>
Cura della propria salute:	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auto-somministrazione degli analgesici, ausili per auto monitoraggio, ausili intratecali</li> <li>• messa in atto di procedure di emergenza e istruzioni degli assistenti per il loro uso e manutenzione</li> </ul>
Attività ricreative	Obiettivi:  Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sci adattati, pallone da baseball con segnale acustico</li> <li>• disponibilità di opportunità di passatempo e individuazione del personale</li> </ul>
Cura personale:	Obiettivi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dotazioni di ausili per mangiare, lavarsi, pettinarsi e vestirsi</li> <li>• Incongiungimento degli altri</li> </ul>

Figura C.2: Foglio di lavoro MPT

l'ausilio da parte dell'utente. Analizza la sua soddisfazione rispetto ai risultati conseguiti in una varietà di aree funzionali ed evidenzia gli aspetti della sua vita da cui si aspetta dei miglioramenti.

#### C.2.4 ET PA (Educational Technology Predisposition Assessment)

Il modulo ET PA (Educational Tecnology Predisposition Assessment, ossia Valutazione della predisposizione alle tecnologie educative) è stato sviluppato per aiutare gli insegnanti a mettere a punto profili globali di

	Interventi:	all'indipendenza, utilizzo ottimale
Lavoro:	Obiettivi: Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausili elettronici per la comunicazione, attrezzi manuali speciali, postazione informatica</li> <li>Supporto dei colleghi e del datore di lavoro</li> </ul>
Approfondimento/Cognizione:	Obiettivi: Interventi:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausili per la memoria, ausili per la scrittura, sw didattici</li> <li>Postazione libera da rumori e distrazioni, rinforzo dei progressi ottenuti.</li> </ul>

Figura C.3: Foglio di lavoro MPT

UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE - FOGLIO LAVORO PER IL MODELLO MPT										
In quali tra le celle elencate sono la persona usa (U), ha usato (V), o necessita di tecnologia (N)? Controlla tutte le voci e registra tutte le informazioni richieste in ogni cella.										
Limitazioni	Nome della tecnologia	TECNOLOGIA ATTUALMENTE USATA (U)			TECNOLOGIE USATE DA PAZIENTE (V)			TECNOLOGIE NECESSARIE (N)		
		Mod. di utilizzo	Frequenza di utilizzo	Modalità di utilizzo	Mod. di utilizzo	Frequenza di utilizzo	Modalità di utilizzo	Mod. di utilizzo	Frequenza di utilizzo	Modalità di utilizzo
Comunicazione	1									
	2									
	3									
Mobilità	1									
	2									
	3									
Visiva	1									
	2									
	3									
Udito	1									
	2									
	3									
Cultura/Obiettivo	1									
	2									
	3									

U=Usato attualmente    V=Usato da paziente    N=Necessario    1=Modalità 1    2=Modalità 2    3=Modalità 3

Figura C.4: Analisi delle tecnologie

pre-apprendimento e post-apprendimento dell'individuo per il quale si sta programmando l'utilizzo di tecnologie didattiche in modo tale che l'uso della tecnologia possa produrre effettivamente un miglioramento dell'esperienza educativa.

### C.2.5 WT PA (Workplace Tecnology Predisposition Assessment)

L'UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE - FOGLIO LAVORO PER IL MODELLO MPT												
In quali tra le celle elencate sono la persona (X), in caso (V), o nessuno di tecnologia (C)? Controlla tutte le voci e registra tutte le informazioni richieste in ogni caso.												
Professione	Numero del la tecnologia	TECNOLOGIA ATTUALMENTE USATA (X)			TECNOLOGIE USATE IN BAZZATO (V)			TECNOLOGIE RICORDARE (C)				
		Chi lo usa	Periodo di utilizzo	Qualificazioni	Nome	Periodo di utilizzo	Esistono del	Numero	Numero	Modello		
Alfabeto/Contabile	1											
	2											
	3											
Carta della Tabella	1											
	2											
	3											
Alfabeto/Lineare	1											
	2											
	3											
Carta Personale	1											
	2											
	3											
Lettere	1											
	2											
	3											
Approfondimenti/Qualificazioni	1											
	2											
	3											

Figura C.5: Analisi delle tecnologie

## ANALISI DELL'UTILIZZO DI TECNOLOGIA (SOTU-C)

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

### 1. Tecnologie più usate

Elencare le tecnologie più usate (per esempio PC, VCR, carta di credito, CD Rom, ecc..)

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____  |
| 2. _____ | 7. _____  |
| 3. _____ | 8. _____  |
| 4. _____ | 9. _____  |
| 5. _____ | 10. _____ |

Rispondete a tutte le seguenti domande, segnalando la casella che più si addice. Se non siete sicuri, controllate la casella della categoria indifferente.

### 2. Esperienza complessiva delle tecnologie attualmente usate

	<i>In genere sento che</i>	<i>Indifferente</i>	<i>In genere sento che</i>
sono soddisfacenti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mi aiutano nella creatività	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mi incoraggiano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mi avvicinano alla gente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mi fanno aumentare l'autostima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			<input type="radio"/>

### 3. Punto di vista sulle tecnologie

	<i>Ho una sensazione positiva riguardo alle</i>	<i>Indifferente</i>	<i>Ho una sensazione negativa riguardo alle</i>
mie esperienze con tecnologia nell'infanzia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mie esperienze con tecnologia a scuola	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mie esperienze con tecnologia a casa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mie esperienze recenti con tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	<i>In genere sento che</i>	<i>Indifferente</i>	<i>In genere sento che</i>
sono a mio agio con le tecnologie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ho un approccio riflessivo alle tecnologie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mi sento bene con le tecnologie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gli altri mi incoraggiano ad utilizzare le tecnologie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			<input type="radio"/>

Figura C.6: SOTU per l'utente

**4. Le mie attività più frequenti**

	<i>In genere sento che</i>	<i>Indifferente</i>		<i>In genere sento che</i>
preferisco essere attivo (es.: sports, ecc.)	O .....	O .....	O .....	preferisco attività passive(es.: leggere, guardare la tv, ecc.)
preferisco attività di gruppo	O .....	O .....	O .....	preferisco attività solitarie
le mie attività sono soddisfacenti	O .....	O .....	O .....	le mie attività sono frustranti
regolarmente in cerca di nuove attività	O .....	O .....	O .....	non ho variato le mie attività da tanto tempo

**5. Alcune mie caratteristiche personali/sociali**

	<i>In genere mi sento</i>	<i>Indifferente</i>		<i>In genere mi sento</i>
compassato/calmo	O .....	O .....	O .....	ansioso
felice	O .....	O .....	O .....	depresso
tollerante	O .....	O .....	O .....	arrabbiato/frustrato
ottimista	O .....	O .....	O .....	pesimista
estroverso	O .....	O .....	O .....	introverso/calmo
paziente	O .....	O .....	O .....	impaziente
motivato	O .....	O .....	O .....	non motivato
perseverante	O .....	O .....	O .....	facilmente scoraggiabile

	<i>In genere sento che</i>	<i>Indifferente</i>		<i>In genere sento che</i>
sono una persona riflessiva	O .....	O .....	O .....	sono una persona emotiva
interagisco frequentemente con le persone del mio nucleo familiare	O .....	O .....	O .....	interagisco raramente con le persone del mio nucleo familiare
interagisco frequentemente con persone esterne al mio nucleo familiare	O .....	O .....	O .....	interagisco raramente con persone esterne al mio nucleo familiare
ho una sensazione generale di benessere	O .....	O .....	O .....	ho una sensazione generale di malessere
sono fisicamente indipendente	O .....	O .....	O .....	sono fisicamente dipendente
sono emotivamente indipendente	O .....	O .....	O .....	sono emotivamente dipendente

**ANALISI DELL'UTILIZZO DI TECNOLOGIA**

Punteggio

Contate le risposte positive, indifferente e negative. Poi per ogni categoria inserite il numero corrispondente.

<b>Categorie principali</b>	<b>Positive</b>	<b>Indifferenti</b>	<b>Negative</b>
<b>1.</b> Esperienze con le	_____	_____	_____
<b>2.</b> Punto di vista sulle tecnologie	_____	_____	_____
3. Attività più frequenti	_____	_____	_____
4. Caratteristiche personali/sociali	_____	_____	_____
<b>Totale (somma delle voci)</b>	_____	_____	_____

Figura C.7: SOTU per l'utente

## ANALISI DELL'UTILIZZO DI TECNOLOGIA (SOTU-P)

Nome dell'utente \_\_\_\_\_

Nome dell'esaminatore \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

### 1. Tecnologie Usate

Elencare le tecnologie usate più frequentemente (per esempio, PC, VCR, carta di credito, CD, ecc.)

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____  |
| 2. _____ | 7. _____  |
| 3. _____ | 8. _____  |
| 4. _____ | 9. _____  |
| 5. _____ | 10. _____ |

### 2. Esperienza rispetto alle tecnologie normalmente utilizzate

	<i>positiva</i>	<i>indifferente</i>	<i>negativa</i>	
soddisfacente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	frustrante
aiuta la creatività	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	disturba la creatività
incoraggia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	scoraggia
unisce le persone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	separa le persone
sviluppa l'auto stima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	abbassa l'auto stima

### 3. Punto di vista sulle tecnologie

	<i>positiva</i>	<i>indifferente</i>	<i>negativa</i>	
esperienza con tecnologia nell'infanzia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	esperienza con tecnologia nell'infanzia
esperienza con tecnologia nella scuola	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	esperienza con tecnologia nella scuola
esperienza con tecnologia in casa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	esperienza con tecnologia in casa
esperienza recente con tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	esperienza recente con tecnologia
a proprio agio con la tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	intimorito dalla tecnologia
approccio riflessivo alla tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	approccio emotivo alla tecnologia
buona sensazione con la tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sensazione ansiosa con la tecnologia
altri ne incoraggiano l'uso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gli altri ne scoraggiano l'uso

### 4. Attività più frequenti

	<i>spesso</i>	<i>indifferente</i>	<i>spesso</i>	
preferisce essere attivo es.: sports, ecc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	preferisce attività passive (es. leggere, guard
preferisce attività di gruppo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	preferisce attività solitarie
le attività sono soddisfacenti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	le attività sono frustranti
regolarmente in cerca di nuove attività	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	non ha cambiato attività da tanto tempo

Figura C.8: SOTU per l'operatore

**5. Caratteristiche personali/sociali**

	<i>spesso si sente</i>	<i>indifferente</i>	<i>spesso si sente</i>	
composto/calmo	O .....	O .....	O .....	ansioso
felice	O .....	O .....	O .....	depresso
tollerante	O .....	O .....	O .....	arrabbiato o frustrato
ottimista	O .....	O .....	O .....	pessimista
espressivo/estroverso	O .....	O .....	O .....	tranquillo/introverso
paziente	O .....	O .....	O .....	impaziente
motivato	O .....	O .....	O .....	immotivato
perseverante	O .....	O .....	O .....	facilmente scoraggiabile
	<i>positivo</i>	<i>indifferente</i>	<i>negativo</i>	
è una persona RIFLESSIVA	O .....	O .....	O .....	è una persona EMOTIVA
interagisce frequentemente con le persone del nucleo familiare	O .....	O .....	O .....	interagisce raramente con le persone del nucleo familiare
interagisce frequentemente con persone esterne al nucleo familiare	O .....	O .....	O .....	interagisce raramente con persone esterne al nucleo familiare
sensazione generale di benessere	O .....	O .....	O .....	sensazione generale di malessere
indipendenza fisica	O .....	O .....	O .....	dipendenza fisica
indipendenza emotiva	O .....	O .....	O .....	dipendenza emotiva

**ANALISI DELL'UTILIZZO DI TECNOLOGIA**

Punteggio

Contare le risposte positive, indifferenti e negative. Per ogni categoria principale inserite il numero che corrisponde.

<b>Categorie principali:</b>	<b>Positive</b>	<b>Indifferenti</b>	<b>Negative</b>
<b>1.</b> Esperienze con le tecnologie:	_____	_____	_____
<b>2.</b> Punto di vista sulle tecnologie:	_____	_____	_____
<b>3.</b> Attività più frequenti:	_____	_____	_____
<b>4.</b> caratteristiche personali/sociali:	_____	_____	_____
1. <b>Totale</b> (somma delle voci) :	_____	_____	_____

Figura C.9: SOTU per l'operatore

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE AGLI AUSILI (ATD PA-C)**

Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Risultato/i desiderato/i: \_\_\_\_\_

**A. Come sono le tue capacità attuali nelle seguenti aree?** (segnate le risposte più adatte)

	<i>eccellenti</i>	<i>nella media</i>	<i>basse</i>		
1. Vista.....	5	4	3	2	1
2. Udito.....	5	4	3	2	1
3. Elocquio.....	5	4	3	2	1
4. Controllo degli arti superiori.....	5	4	3	2	1
5. Controllo degli arti inferiori.....	5	4	3	2	1
6. Mobilità.....	5	4	3	2	1
7. Destrezza.....	5	4	3	2	1
8. Velocità di apprendimento.....	5	4	3	2	1
9. Forza fisica/energia.....	5	4	3	2	1

*Mettete il segno (-) a fianco alle voci sopra elencate quando pensate che nel tempo peggioreranno.  
Mettete il segno (+) quanto pensate che miglioreranno con il passare del tempo.*

**B. Quanto sei soddisfatto di ciò che hai raggiunto nelle seguenti aree? Segna le risposte più adatte**

	<i>Molto soddisfatto</i>	<i>Neutro</i>	<i>Non soddisfatto</i>		
10. Autonomia nell'attività di vita quotidiana....	5	4	3	2	1
11. Abilità di comunicazione.....	5	4	3	2	1
12. Benessere fisico.....	5	4	3	2	1
13. Salute generale.....	5	4	3	2	1
14. Attività sociali e ricreative.....	5	4	3	2	1
15. Capacità di andare dove si decide.....	5	4	3	2	1
16. Risultati scolastici.....	5	4	3	2	1
17. Situazione lavorativa.....	5	4	3	2	1
18. Benessere emotivo.....	5	4	3	2	1

**Mettete il segno (+) vicino all'area o alle aree che si desidera migliorare nel tempo**

**C. Come ti senti rispetto alla tua disabilità?**

	<i>Fortemente d'accordo</i>	<i>Neutro</i>	<i>Fortemente in disaccordo</i>		
19. Mi limita rispetto a quello che voglio fare	5	4 3	2	1	
20. La mia vita sarebbe migliore senza la mia disabilità	5	4 3	2	1	

**D. Per favore segna tutte le frasi riportate sotto che ti descrivono**

21. O Sono incoraggiato dalla famiglia	32. O Sono una persona calma	43. O Trovo che la tecnologia sia interessante
22. O Sono incoraggiato dagli amici	33. O Sono curioso e entusiasta delle cose	44. O Sono collaborante
23. O Sono incoraggiato dai terapeuti	34. O Ho auto-controllo	45. O Preferisco una vita tranquilla
24. O Ho poca privacy	35. O Ho voglia/di andare a scuola/lavoro	46. O Spesso mi sento isolato e solo
25. O Sento che la gente mi accetta	36. O Sono una persona paziente tollerante	47. O Ho tante cose che vorrei realizzare
26. O Spesso sono scoraggiato	37. O Faccio quello che i terapeuti mi dicono	48. O Non sono sicuro chi sono adesso
27. O Sono soddisfatto della mia vita	38. O Sono ingegnoso	49. O Voglio più indipendenza
28. O Mi piace star da solo	39. O Mi piace affrontare nuove sfide	50. O Ho una buona immagine di me
29. O Spesso sono arrabbiato	40. O Ho fatto amicizia con i miei terapeuti	51. O Mi sento insicuro
30. O Spesso sono depresso	41. O Sono responsabile ed affidabile	52. O Il terapeuta sa ciò che è bene per me
31. O Porto a termine i miei progetti	42. O Spesso mi sento frustrato	53. O Sono determinato a raggiungere miei obiettivi

Figura C.10: ATD PA per l'utente

**E. Come ti senti ad usare tale ausilio?**

	<i>questa frase mi si addice</i>	<i>neutro</i>	<i>questa frase non mi si addice</i>		
54. Sarò capace di utilizzare questo ausilio da solo o con minimo aiuto	5	4	3	2	1
55. Questo ausilio l'ho acquistato io	5	4	3	2	1
56. Avrò vantaggi ad usare tale ausilio	5	4	3	2	1
57. Questo ausilio mi aiuterà a raggiungere un mio obiettivo	5	4	3	2	1
58. Questo ausilio migliorerà la mia qualità di vita	5	4	3	2	1
59. Con questo ausilio, il mio modo di fare le cose rimarrà uguale	5	4	3	2	1
60. Sarò imbarazzato ad usarlo vicino ai miei familiari	5	4	3	2	1
61. Sarò imbarazzato ad usarlo vicino ai miei amici	5	4	3	2	1
62. Sarò imbarazzato ad usarlo a scuola o sul lavoro	5	4	3	2	1
63. Sarò imbarazzato ad usarlo in pubblico	5	4	3	2	1

**PUNTEGGIO**

<b>Voci riguardanti la disabilità</b>	<b>Voci riguardanti il carattere</b>	<b>Voci riguardanti l'ausilio</b>
Somma delle voci 1-9: _____	Voce 18: _____	Somma delle voci 54-59: _____
Somma delle voci 10-13: _____	Somma del <u>contrario</u> delle voci 19-20: _____	Somma <u>contrario</u> delle voci 60-63: _____
Punteggio contrario della voce 19: _____	Somma delle voci 56-58: _____	Totale: _____
Totale: _____	Somma del <u>contrario</u> delle voci 60-61: _____	Diviso per 10= Punteggio Ausilio: _____
Diviso per 14= Punteggio Disabilità: _____	Somma delle risposte incentiv. 26-53: _____	
	Somma delle risposte disincent.26-53: _____	
	Somma della risposte neutre 26-53: _____	
	Totale: _____	
	Diviso per 36= Punteggio carattere: _____	

<b>Voci riguardanti l'ambiente</b>
Somma delle voci 14-17: _____
Somma delle risposte incentiv. 21-25: _____
Somma delle risposte disincent.21-25: _____
Somma delle voci neutre x 3: _____
Somma delle voci 54-55: _____
Somma del <u>contrario</u> delle voci 60-62: _____
Totale: _____
Diviso per 14= Punteggio Ambiente: _____

Figura C.11: ATD PA per l'utente

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE AGLI AUSILI (ATD PA-P)**

Utente \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_ Esaminatore \_\_\_\_\_

**A. Fattori individuali e psicosociali incentivanti e disincentivanti l'uso degli ausili**

Leggi le voci sotto elencate e decidi quali potrebbero essere incentivanti e quali disincentivanti per l'utente in riferimento all'uso di ausili, poi metti «X» nella casella prescelta. Per quelle neutre, per quelle che non hanno senso per questo specifico utente mettere la «X» nella casella centrale.

	-	0			+		
	Forte disincentivo	Moderato disincentivo	Debole disincentivo	Neutro/ non lo riguardano	Debole incentivo	Moderato incentivo	Forte incentivo
1. Aspettative della famiglia							
2. Aspettative degli amici							
3. Interesse per le cose nuove							
4. Atteggiamento/visione del mondo							
5. Esperienza di vita							
6. Grado di partecipazione alle attività sociali							
7. Desiderio di indipendenza							
8. Desiderio di lavoro/studio							
9. Modo di vedere le opportunità							
10. Grado di autocontrollo e pazienza							
11. Grado di interiorizzazione della disabilità							
12. Percezione del controllo sulla qualità della vita							
13. Desiderio di usare tecnologie							
14. Umore ed affettività							
15. Aspettative verso se stesso							
16. Conoscenza di sé							
17. Abilità a socializzare							
18. Modo di vedere le limitazioni/barriere							
19. Grado di espressività							
20. Capacità ad essere autosufficienti							
21. Cooperazione con terapisti e con i programmi riabilitativi							
22. Socializzazione							
TOTALE							

Figura C.12: ATD PA per l'operatore

## B. REQUISITI DELL'AUSILIO RISPETTO ALLE RISORSE DELLA PERSONA

La colonna sinistra affronta i requisiti dell'ausilio in sei aree. Per ogni coppia di voci scrivi nelle caselle il numero che maggiormente abbina i requisiti dell'ausilio con le risorse della persona. Per esempio se la persona affronta facilmente gli sforzi fisici richiesti dall'ausilio o la richiesta di sforzo fisico può essere facilmente modificata per adattarsi alle abilità della persona, allora esiste un buon abbinamento, così il punteggio sarà 5 per questa particolare coppia.

- 5: Esiste un buon abbinamento tra persona e ausilio  
 4: Esiste un buon abbinamento ma non perfetto  
 3: Neutro - non la riguarda o non è stato valutato  
 2: La persona avrà difficoltà  
 1: L'abbinamento è chiaramente pessimo

REQUISITO DELL'AUSILIO		RISORSE DELLA PERSONA
23. <b>Forza richiesta</b> ..... L'ausilio può essere usato con poca o senza difficoltà, stress e fatica ed è utilizzabile con poca o senza assistenza?	<input type="text"/>	La persona ha capacità motorie ed energie sufficienti per usare l'ausilio?
24. <b>Requisiti fisici e sensoriali</b> ..... Per utilizzarlo sono necessari particolari requisiti (p.e. destrezza delle dita, udito, vista)?	<input type="text"/>	la persona possiede o può acquisire i requisiti fisici/sensoriali richiesti?
25. <b>Costo</b> ..... Il costo dell'ausilio è ragionevole rispetto all'aumento previsto della funzionalità?	<input type="text"/>	La persona ha i soldi o il sostegno economico per l'acquisto o l'affitto dell'ausilio?
26. <b>Servizi di supporto/addestramento</b> ..... Esiste la possibilità di istruzione all'uso dell'ausilio? La persona può provare prima per essere sicura?	<input type="text"/>	La persona ha risorse ed abilità da poter trarre beneficio dall'istruzione o dalle prove?
27. <b>Fornitura</b> ..... L'ausilio può essere fornito in tempo ragionevole?	<input type="text"/>	La persona ha la pazienza di aspettare per avere l'ausilio, senza le sue capacità peggiorino nel frattempo?
28. <b>Impegno cognitivo</b> ..... L'ausilio richiede uno specifico programma di addestramento e questo è reperibile? L'ausilio può essere adattato alle abilità della persona?	<input type="text"/>	La persona istruzione e abilità intellettive sufficienti o può comunque acquisirle?

## C. L'INFLUENZA DELLE CARATTERISTICHE INDIVIDUALI E PSICOSOCIALI RISPETTO ALL'UTILIZZO DELL'AUSILIO

	si		probabilmente		no
29. La persona ha obiettivi che giudico raggiungibili più facilmente o in modo migliore con l'uso di un ausilio piuttosto che senza?	5	4	3	2	1
30. L'uso dell'ausilio coincide con il suo «modo di fare»?	5	4	3	2	1
31. La persona ha aspettative realistiche rispetto all'uso dell'ausilio?	5	4	3	2	1
32. La persona crede che l'ausilio apporterà un miglioramento alla qualità della sua vita?	5	4	3	2	1
33. La persona vuole questo ausilio?	5	4	3	2	1
34. L'uso dell'ausilio aumenterà la sua autostima?	5	4	3	2	1
35. L'ausilio gli darà un'immagine positiva agli occhi dei suoi pari?	5	4	3	2	1
36. L'ausilio gli darà un'immagine positiva agli occhi dei suoi familiari?	5	4	3	2	1
37. L'ausilio gli darà un'immagine positiva agli occhi della gente?	5	4	3	2	1
38. L'adozione dell'ausilio permetterà di non richiedere più aiuto ad altre persone che ne potrebbero sentire «il peso»?	5	4	3	2	1

Figura C.13: ATD PA per l'operatore

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLE TECNOLOGIE EDUCATIVE (ET PA- S)**

Nome dello studente _____	Data _____
Tecnologia _____	Obiettivo educativo _____

**A. Obiettivo educativo**

- |                                                                  |           |   |           |   |       |
|------------------------------------------------------------------|-----------|---|-----------|---|-------|
| 1. Comprendi l'obiettivo sopra scritto?                          | 1         | 2 | 3         | 4 | 5     |
|                                                                  | no        |   | così così |   | sì    |
| 2. Sei d'accordo che questo è un obiettivo che devi raggiungere? | 1         | 2 | 3         | 4 | 5     |
|                                                                  | no        |   | così così |   | sì    |
| 3. Senti che puoi raggiungere tale obiettivo?                    | 1         | 2 | 3         | 4 | 5     |
|                                                                  | no        |   | così così |   | sì    |
| 4. Quanto vuoi raggiungere tale obiettivo?                       | 1         | 2 | 3         | 4 | 5     |
|                                                                  | non molto |   | così così |   | tanto |

**B. Lo studente**

Sbarra il numero accanto alle frasi in cui ti senti descritto

- |                                                                               |                                                                              |                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Sono curioso e eccitato da cose nuove                                      | 11. Ho limitazioni fisiche o sensoriali                                      | 22. A volte ho necessità di continui feedback                                  |
| 2. Sono impaziente                                                            | 12. A volte necessito di continui sostegni                                   | 23. A volte la tecnologia mi intimorisce                                       |
| 3. Accetto le critiche                                                        | 13. La mia destrezza fisica è buona                                          | 24. Spesso mi distraigo facilmente                                             |
| 4. Mi «sposto» facilmente tra vari argomenti/compiti                          | 14. Mi sento fiducioso                                                       | 25. Solitamente accetto il consiglio dell'insegnante                           |
| 5. Mi piace avere su di me l'attenzione completa dell'insegnante              | 15. Mi piace provare cose nuove                                              | 26. Spesso mi annoio                                                           |
| 6. Lavoro con attenzione                                                      | 16. Mi descriveri come uno studioso                                          | 27. Spesso mi sento ansioso                                                    |
| 7. Ho i requisiti intellettivi per quello che devo imparare                   | 17. Spesso vorrei lavorare in modo più veloce/lentamente rispetto agli altri | 28. Ho un atteggiamento collaborante                                           |
| 8. Voglio decidere il mio ritmo di studio                                     | 18. A volte sono critico                                                     | 29. Quasi sempre sono preparato per la lezione                                 |
| 9. A volte penso troppo alle mie limitazioni                                  | 19. Preferisco lavorare in gruppo piuttosto che da solo                      | 30. Lavoro con precisione                                                      |
| 10. Ho l'abilità di base e conoscenze sufficienti per ciò che voglio imparare | 20. Mi piace usare il computer                                               | 31. Preferisco ricevere il feedback dal computer piuttosto che dall'insegnante |
|                                                                               | 21. Solitamente mi adatto, sono flessibile                                   | 32. Sono motivato a studiare                                                   |

Elenca altre caratteristiche che ti descrivono come studente:

33. \_\_\_\_\_  
 34. \_\_\_\_\_  
 35. \_\_\_\_\_

Figura C.14: ET PA per lo studente

**C. Tecnologia educativa**

- |                                                                                          |                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. Hai mai provato questo tipo di tecnologia o questo metodo?<br>spesso                  | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>mai a volte        |
| 2. Pensi di poter imparare facilmente utilizzando questa tecnologia/metodo?              | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no non so si       |
| 3. Hai visto altri usare questa tecnologia/metodo?                                       | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>mai a volte spesso |
| 4. Con questa tecnologia/metodo ti senti a tuo agio?                                     | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no un po' si       |
| 5. Sei in grado di svolgere le procedure che servono per far funzionare tale tecnologia? | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no forse si        |

**D. Ambiente educativo**

- |                                                                             |                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Preferisci imparare ascoltando l'insegnante o leggendo un testo?         | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>ascoltare entrambi leggere        |
| 2. Preferisci lavorare da solo o in gruppo?                                 | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>solo entrambi gruppo              |
| 3. Preferisci osservare una dimostrazione o sperimentarla per conto tuo?    | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>osservarla entrambe sperimentarla |
| 4. Pensi che la tua famiglia ti incoraggi all'uso di questa tecnologia?     | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no forse si                       |
| 5. Pensi che i tuoi amici/pari ti incoraggino all'uso di questa tecnologia? | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no forse si                       |
| 6. Pensi che l'uso di questa tecnologia aumenti la tua attività sociale?    | 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____<br>no forse si                       |

<b>Classifica</b>	<b>Punteggio</b>	<b>Progetto per individuare la discrepanza o il problema</b>
_____	Obiettivo educativo _____	_____
_____	Studente _____	_____
_____	Tecnologia educativa _____	_____
_____	Ambiente educativo _____	_____

Figura C.15: ET PA per lo studente

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLE TECNOLOGIE EDUCATIVE (ET PA-T)**

Nome dello studente _____	Tecnologia _____
Data _____	Esaminatore _____

**A. Obiettivo educativo**

Scrivi l'obiettivo educativo in modo più chiaro e specifico possibile:

\_\_\_\_\_

- |                                                                   |    |          |   |   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|----------|---|---|----|
| 1. L'insegnante e lo studente sono d'accordo su questo obiettivo? | 1  | 2        | 3 | 4 | 5  |
|                                                                   | no | in parte |   |   | si |

**B. Lo Studente**

Segna le frasi che descrivono lo studente, poi segna quali caratteristiche sono incentivanti (I) e quali disincentivanti (D) all'uso di questa tecnologia.

- |                                                                 |                                                                          |                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. E' curioso ed eccitato di fronte a cose nuove                | 11. Ha limitazioni fisiche o sensoriali                                  | 22. Necessita di continui feedback                                     |
| 2. Spesso è impaziente                                          | 12. Necessita di continui sostegni e rinforzi                            | 23. E' intimorito dalla tecnologia                                     |
| 3. Accetta le critiche                                          | 13. Ha buona destrezza e controllo delle mani                            | 24. Spesso si distrae                                                  |
| 4. Si «sposta» facilmente tra i vari argomenti/compiti          | 14. Ha fiducia in se stesso                                              | 25. Di solito accetta i consigli dell'insegnante                       |
| 5. Ha necessità di attenzione continua da parte dell'insegnante | 15. Gli piace provare cose nuove                                         | 26. Facilmente si annoia                                               |
| 6. Lavora con attenzione                                        | 16. E' uno studioso                                                      | 27. E' ansioso                                                         |
| 7. Ha le abilità intellettive richieste per imparare            | 17. Spesso vuole lavorare più velocemente/lentamente rispetto agli altri | 28. Ha un atteggiamento collaborante                                   |
| 8. Desidera avere il controllo del proprio ritmo di studio      | 18. Spesso è critico                                                     | 29. Di solito è preparato per le lezioni                               |
| 9. Si fissa sulle limitazione e ostacoli                        | 19. Preferisce lavorare da solo                                          | 30. Lavora con precisione                                              |
| 10. Ha le abilità di base e le conoscenze richieste dal compito | 20. Crede che la tecnologia gli sarà utile e attraente                   | 31. Necessita di essere guidato individualmente in modo non giudicante |
|                                                                 | 21. E' adattabile                                                        | 32. E' motivato ad imparare                                            |

Figura C.16: ET PA per l'insegnante

**C. Tecnologia educativa**

- |                                                                                                               |          |          |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. La tecnologia è appropriata e ha senso rispetto all'obiettivo prefissato?                                  | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 2. La tecnologia si abbina agli aspetti contenuti nell'obiettivo?                                             | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 3. Lo studente ha (o può avere) i requisiti fisici necessari all'uso della tecnologia?                        | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 4. Con questa tecnologia lo studente risponde positivamente alle istruzioni?                                  | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 5. Sono disponibili dei supporti/addestramento per l'insegnante o per lo studente?                            | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 6. Sono disponibili dei materiali di istruzione o aiuto «on-line» ?                                           | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 7. La tecnologia è facile da installare, da usare ed è di facile manutenzione?                                | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 8. Sono disponibili, se necessari, personale di supporto, attrezzature aggiuntive e modificazioni ambientali? | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 9. La scuola ha le risorse e/o il supporto economico per l'acquisto della tecnologia?                         | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 10. Lo studente riesce a svolgere le procedure necessarie per far funzionare la tecnologia?                   | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |

**D. Ambiente educativo**

- |                                                                                               |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. Lo studente riceve incoraggiamento dalla famiglia per i suoi successi sul piano educativo? | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 2. L'uso di questa tecnologia gli darà un'immagine positiva agli occhi dei suoi pari?         | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 3. La tecnologia potrà essere utilizzata dallo studente senza assistenza degli altri?         | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 4. L'accesso alla tecnologia è facile, immediato, senza ostacoli?                             | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |
| 5. L'uso della tecnologia aumenterà l'attività sociale dello studente?                        | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
|                                                                                               | no       |          | in parte |          | si       |

**Raccomandazioni generali**

<u>Classifica</u> <u>discrepanza</u>	<u>Punteggio</u>	<u>Progetto per individuare la</u>
_____	Obiettivo educativo _____	_____
_____	Studente _____	_____
_____	Tecnologia educativa _____	_____
_____	Ambiente educativo _____	_____

Figura C.17: ET PA per l'insegnante

Il modulo WT PA (Workplace Tecnology Predisposition Assessment, ossia Valutazione della predisposizione alla tecnologia per la postazione di lavoro) è progettato per aiutare i datori di lavoro nell'identificazione di quei fattori che possono ostacolare l'accettazione e l'uso di una nuova tecnologia sul posto di lavoro, così da poter pianificare un appropriato training del lavoratore, pensare a eventuali modifiche della tecnologia o sviluppare le capacità del lavoratore stesso.

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLA TECNOLOGIA  
PER LA POSTAZIONE DI LAVORO (WT PA)**

*Uno strumento per lavoratori, studenti, o altri che imparano l'uso di una nuova tecnologia*

Rispondi alle seguenti domande cercando di stare il più possibile vicino alla realtà. Ti aiuteremo ad identificare le aree che influenzano l'accettazione o l'uso appropriato della nuova tecnologia nel posto di lavoro.

**La tecnologia**

- |                                                                                                     |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| - La tecnologia può essere usata senza o con poco imbarazzo, stress e fatica?                       | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | no                    in parte                    si |
| - Secondo te è sufficiente il tempo che ti è dato per imparare tale tecnologia?                     | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | no                    in parte                    si |
| - La tecnologia è completamente differente da quella che usi normalmente per compiere il lavoro? no | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | in parte                    si                       |
| - La tecnologia può essere introdotta gradualmente anziché tutta subito?                            | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | no                    in parte                    si |
| - Pensi che l'uso della tecnologia ti aiuterà agli occhi dei tuoi colleghi e supervisor?            | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | no                    in parte                    si |
| - La tecnologia è troppo estranea o complessa?                                                      | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                     | no                    in parte                    si |

**Tu, la persona che stai per essere addestrata all'uso della tecnologia**

- |                                                                                                                                                                      |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| - Avevi già ottenuto successi con l'introduzione nuove di nuove tecnologie nell'ambiente lavorativo? no                                                              | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                                                                                      | in parte                    si                       |
| - In genere sei favorevole all'introduzione di nuove tecnologie sul lavoro?                                                                                          | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                                                                                      | no                    in parte                    si |
| - Pensi di essere libero di scegliere la velocità con cui introdurre la nuova tecnologia?                                                                            | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                                                                                      | no                    in parte                    si |
| - Pensi di avere sufficienti abilità per usare la nuova tecnologia?                                                                                                  | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                                                                                      | no                    in parte                    si |
| - Pensi di conoscere il modo migliore di apprendere l'utilizzo di nuove tecnologie? (p.e. addestramento individuale, o di gruppo, istruzioni scritte, verbali, ecc.) | 1    2    3    4    5                                |
|                                                                                                                                                                      | no                    in parte                    si |
| - Con quali fra queste impari meglio?                                                                                                                                | _____                                                |

Figura C.18: WT PA per il lavoratore

**Ambiente del posto di lavoro**

- Ti sembra che l'impegno di chi lavora sia rispettato ed apprezzato nel tuo posto di lavoro?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si
- Il tempo dedicato al training per la nuova tecnologia è stato sufficiente?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si
- Ti sono stati chiariti quali benefici avrai dall'uso delle nuove tecnologie?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si
- Il metodo di addestramento utilizzato rispecchia il tuo modo di imparare e le varie modalità di apprendimento?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si
- Pensi che sarai gratificato per le abilità che raggiungerai con la nuova tecnologia?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si
- L'addestramento ha creato un'atmosfera che ha permesso di familiarizzare con la nuova tecnologia e di compiere eventuali errori in un clima non penalizzante?	1	2	3	4	5
	no		in parte		si

**Qual' è il grado di abbinamento?**

Molte situazioni nelle quali una persona si confronta con la tecnologia offrono varie possibilità di scelta. Per esempio c'è chi preferisce utilizzare la Carta di Credito piuttosto che fare lunghe code. C'è chi rifiuta il telefono cellulare, il forno a microonde, il video registratore, ecc... La postazione di lavoro è spesso un ambiente che invece non ci permette di fare scelte. Spesso, la decisione di adottare una tecnologia è presa non dall'utilizzatore ma dal suo responsabile. Il tempo speso dal datore di lavoro e dagli istruttori nel considerare i concetti esposti in questa scheda può essere un buon investimento, che aiuta a realizzare scelte efficaci e condurrà all'adozione e uso di tecnologie per il posto di lavoro più fruibili/effettive. Il datore di lavoro, o gli istruttori, e il lavoratore possono discutere le loro risposte alle voci sopra elencate in questa scheda. Entrambi possono riflettere sulle motivazioni che hanno spinto a dare punteggi negativi e sviluppare progetti per affrontare i problemi connessi.

Discrepanze o influenze negative

Piani per affrontare la discrepanza o il problema

.....

.....

Figura C.19: WT PA per il lavoratore

### C.2.6 HCT PA (Health Care Technology Predisposition Assessment)

Lo strumento HCT PA (Health Care Technology Predisposition Assessment, ossia Valutazione alla predisposizione alle tecnologie biomediche) è stato sviluppato per assistere gli operatori sanitari nell'identificazione quei fattori che possono inibire l'accettazione o l'uso appropriato delle tecnologie biomediche. Permette di determinare se il paziente debba o non debba ricevere una tecnologia biomedica, in modo da ottenere la migliore compatibilità tra i bisogni del paziente e le tecnologie.

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLA TECNOLOGIA  
PER LA POSTAZIONE DI LAVORO (WT PA)**

*Uno strumento per datori di lavoro, istruttori e responsabili del personale*

I lavoratori che si sentono minacciati o a disagio con una nuova tecnologia non potranno utilizzarla in modo utile per l'Azienda. Questo strumento aiuta ad individuare gli aspetti che potranno inibire l'accettazione e l'uso appropriato. Questa scheda va usata assieme alla scheda del lavoratore.

**La tecnologia**

- |                                                                                 |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| - La tecnologia può essere usata senza o con poco disagio stress, o fatica?     | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - La durata del tempo per il training è un aspetto positivo per l'accettazione? | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - La tecnologia è molto differente rispetto alla tecnologia attualmente usata?  | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - La tecnologia può essere introdotta gradualmente anziché senza gradualità?    | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - L'utilizzo della tecnologia è un elemento di prestigio per l'utilizzatore?    | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |

**Il lavoratore che sta per essere addestrato all'uso delle tecnologie**

- |                                                                                                                                                                        |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| - Il lavoratore ha già ottenuto successi con l'introduzione di nuove tecnologie sul posto di lavoro?                                                                   | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - In genere il lavoratore è favorevole all'introduzione di nuove tecnologie sul posto di lavoro?                                                                       | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - Il lavoratore sente che può decidere i tempi di installazione delle nuove tecnologie?                                                                                | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - Il lavoratore ha le abilità sufficienti necessarie per l'uso delle nuove tecnologie?                                                                                 | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - Il lavoratore conosce il modo migliore di imparare l'uso di questa nuova tecnologia (p.e. addestramento individuale o di gruppo, istruzioni scritte, verbali, ecc.)? | 1   2   3   4   5<br>no   in parte   si |
| - Con quale metodo il lavoratore impara meglio?                                                                                                                        | _____                                   |

Figura C.20: WT PA per il datore di lavoro

**Ambiente del posto di lavoro**

- Il lavoratore sente che il suo impegno è rispettato ed apprezzato nel posto di lavoro?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si
- E' stato dedicato sufficiente tempo per il training sulle nuove tecnologie?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si
- Sono stati chiariti al lavoratore i benefici che avrà dalla nuova tecnologia?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si
- Il metodo di addestramento utilizzato rispecchia il modo di imparare del lavoratore?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si
- Il lavoratore sarà gratificato per le abilità che raggiungerà nell'uso della nuova tecnologia?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si
- L'addestramento ha creato un ambiente dove il lavoratore può familiarizzare con le nuove tecnologie e di compiere eventuali errori in un clima non penalizzante?	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	no		in parte		si

**Qual' è il grado di abbinamento?**

Molte situazioni nelle quali una persona si confronta con la tecnologia offrono varie possibilità di scelta. Per esempio c'è chi preferisce utilizzare la Carta di Credito piuttosto che fare lunghe code. C'è chi rifiuta il telefono cellulare, il forno a microonde, il video registratore, ecc... La postazione di lavoro è spesso un ambiente che invece non ci permette di fare scelte. Spesso, la decisione di adottare una tecnologia è presa non dall'utilizzatore ma dal suo responsabile. Il tempo speso dal datore di lavoro e dagli istruttori nel considerare i concetti esposti in questa scheda può essere un buon investimento, che aiuta a realizzare scelte efficaci e condurrà all'adozione e uso di tecnologie per il posto di lavoro più fruibili/effettive.

Il datore di lavoro, o gli istruttori, e il lavoratore possono discutere le loro risposte alle voci sopra elencate in questa scheda. Entrambi possono riflettere sulle motivazioni che hanno spinto a dare punteggi negativi e sviluppare progetti per affrontare i problemi connessi.

Discrepanze e influenze negative

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Piano per affrontare la discrepanza o il problema

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Figura C.21: WT PA per il datore di lavoro

## VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLE TECNOLOGIE BIOMEDICHE (HCT PA)

Lista dei problemi e scheda per l'intervista

Stiamo assistendo ad un considerevole aumento della diffusione di strumentazione, attrezzature ed altri ausili in medicina. In generale queste tecnologie biomediche possono essere suddivise in tre categorie a seconda del loro utilizzo primario:

1. Indipendenza.
2. Mantenimento della salute.
3. Supporto vitale.

I pazienti e gli operatori sanitari hanno spesso punti di vista differenti per quel che riguarda il ruolo delle tecnologie biomediche nelle tre aree suddette.

I principali problemi riscontrati dagli operatori sanitari a tal proposito sono:

1. Persone che potrebbero avere dei benefici dalle tecnologie biomediche ma non vogliono usarle o non le usano.
2. Persone che non avranno dei benefici significativi dalle tecnologie biomediche ma comunque le chiedono insistentemente.

E' molto difficile riconoscere chi rientra in uno dei due gruppi, associare i problemi di salute e l'individuo che ne è portatore alle tecnologie più appropriate, e cercare l'equilibrio fra la percezione obbiettiva e quella soggettiva della qualità di vita della persona.

Lo strumento HCT PA potrà aiutare gli operatori sanitari nel comprendere i fattori più importanti che intervengono nell'abbinamento tra la persona e la tecnologia. Sono cinque gli aspetti principali che influenzano l'adozione e l'uso delle tecnologie biomediche.

1. Le caratteristiche del particolare *problema di salute*.
2. La *conseguenza* più probabile dell'uso della tecnologia biomedica.
3. Le caratteristiche della *tecnologia* biomedica considerata.
4. Aspetti *personali* del paziente che influiscono sulla decisione di usarla.
5. L'*atteggiamento* di altre persone, «significative» per la persona che dovrà utilizzare la tecnologia, nei confronti del suo problema di salute e il decorso del trattamento.

Con le informazioni ricavate indagando sugli aspetti suddetti, chi consiglia la tecnologia avrà una visione più completa per avviare un intervento adeguato.

Figura C.22: HCT PA

**VALUTAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE ALLE TECNOLOGIE BIOMEDICHE  
(HCT PA)**

**PROBLEMI DI SALUTE**

Il problema di salute condiziona:

- la mobilità
- le attività della vita quotidiana
- l'udito o la vista
- le abilità cognitive
- la stabilità emotiva

Il problema di salute è:

- a breve termine (acuto)
- a lungo termine (cronico)
- recente
- progressivo
- causa di notevoli dolori

**LE CONSEGUENZE DELL'USO DELLA  
TECNOLOGIA BIOMEDICA:**

La tecnologia causa:

- molti inconvenienti
- riduzione di relazioni sociali
- impegno economico
- dipendenza dalla tecnologia
- restrizione di attività

**LE CARATTERISTICHE DELLE  
TECNOLOGIE BIOMEDICHE:**

La tecnologia è:

- applicata sulla persona
- applicata dalla persona quando è in ufficio, auto, ecc..
- visibile/evidente
- necessita di frequenti controlli
- fonte di problemi per gli altri

**ASPETTI PERSONALI**

L'utilizzatore della tecnologia:

- capisce poco riguardo alla sua condizione di salute e rispetto al decorso del trattamento
- è intimidito dalle tecnologie
- vede il suo problema di salute come aggravamento del suo stato di vita
- trova difficile seguire il regime di trattamento prescritto
- non è un paziente disponibile
- dà ampio spazio all'aspetto fisico
- non è persistente o perseverante
- ha poca auto stima
- cerca di cancellare o negare la malattia
- è depresso
- è poco ottimista
- non ha obiettivi personali
- è una persona di poca iniziativa
- si è arreso al suo problema di salute
- ha vantaggi secondari per il fatto di essere malato
- vede il suo problema di salute come una punizione
- ha speranze non realistiche di guarigione
- preferisce azioni alternative alla medicina tradizionale (es.: meditazione, vitamine, ecc..)

**ATTEGGIAMENTI DEGLI ALTRI**

Le altre persone:

- non sono di supporto all'indipendenza
- non sono disponibili a dare supporto fisico
- non sono disponibili a dare supporto emotivo
- non comprendono il decorso e la prognosi della patologia

Figura C.23: HCT PA