



Eco-System Framework

Prototipo metodologico di conversione fonetica mnemonica
per la lingua italiana

Autore: **Fabrizio Terzi**

ORCID ID: 0009-0004-7191-0455
Organization: Pyragogy.org
Academic Year: 2025-2026
Status: Versione 1.1 PREPRINT
DOI: DOI: 10.5281/zenodo.17436054

Abstract

ECO-SYSTEM è un framework di **conversione fonetica mnemonica** che rielabora le corrispondenze fonetico-numeriche classiche adattandole alla fonologia e alla cultura linguistica italiana. A differenza dei modelli tradizionali, come il MAJOR SYSTEM, fondati su schemi fonemici di derivazione inglese, ECO-SYSTEM ridefinisce il legame tra cifre e classi consonantiche per garantire una maggiore coerenza con la fonotattica e le abitudini articolatorie della lingua italiana.

Il framework integra i principi cognitivi della *dual coding theory* e l'immaginario associativo in una matrice sonora progettata per trasformare le sequenze numeriche in parole italiane foneticamente naturali e semanticamente evocative. Una prima esplorazione metodologica indica che questo approccio potrebbe favorire una codifica più fluida e una ritenzione mnemonica più stabile rispetto agli adattamenti convenzionali.

Il presente lavoro illustra la progettazione di ECO-SYSTEM e propone un modello sperimentale per la sua futura validazione empirica. I dati e le metriche riportate hanno valore illustrativo e delineano una struttura prototipale utile per verifiche indipendenti e collaborazioni interdisciplinari.

Infine, viene presentata una possibile estensione computazionale attraverso ECOAGENT, un agente cognitivo basato su intelligenza artificiale concepito per assistere l'utente nella generazione e visualizzazione delle associazioni mnemoniche. In questa prospettiva, ECO-SYSTEM si configura non solo come contributo teorico ai sistemi fonetici di memoria, ma come infrastruttura aperta per un apprendimento adattivo, trasparente e culturalmente localizzato.

Parole chiave: sistemi mnemonici, corrispondenza fonetica, fonologia italiana, adattamento cognitivo, potenziamento della memoria, tecnologia educativa, MAJOR SYSTEM, metodo dei loci.

Nota metodologica: Lo studio empirico descritto nel presente lavoro è da intendersi come prototipo metodologico in fase di pianificazione. I dati e i risultati riportati hanno finalità esplorative e illustrano una possibile struttura sperimentale per future validazioni empiriche condotte su campioni più ampi e in collaborazione con esperti di memotecniche.

Abstract in English

Eco-System is a **phonetic mnemonic conversion framework** that reinterprets classic phonetic–numerical correspondences, adapting them to Italian phonology and linguistic culture. Unlike traditional models such as the *Major System*, which rely on English-based phonemic schemes, Eco-System redefines the mapping between digits and consonant classes to ensure greater consistency with Italian phonotactics and articulatory patterns.

The framework integrates cognitive principles of *dual coding theory* and associative imagery into a sound matrix designed to transform numerical sequences into phonetically natural and semantically vivid Italian words. An initial methodological exploration suggests that this approach may promote more fluent encoding and more stable mnemonic retention than conventional adaptations.

This work outlines the design of Eco-System and proposes an experimental model for its future empirical validation. The data and metrics presented are illustrative, providing a prototypical structure for independent testing and interdisciplinary collaboration.

Finally, a potential computational extension is introduced through **EcoAgent**, an AI-based cognitive agent designed to assist users in generating and visualizing mnemonic associations. In this perspective, Eco-System emerges not only as a theoretical contribution to phonetic memory systems but as an open infrastructure for adaptive, transparent, and culturally grounded learning.

Keywords: educational technology, mnemonic systems, phonetic correspondence, Italian phonology, cognitive adaptation, memory enhancement, educational technology, Major System, method of loci.

Methodological Note: The empirical study described in this work should be regarded as a methodological prototype currently under development. The data and results reported are exploratory in nature and illustrate a possible experimental structure for future empirical validations conducted on larger samples and in collaboration with experts in mnemonics.

Indice

Abstract	i
Abstract in English	ii
Indice	iii
Elenco delle figure	v
Elenco delle tabelle	vi
1 Contesto	3
1.1 La Sfida Linguistica: Adattare il MAJOR SYSTEM all’Italiano	3
1.1.1 Discordanze Fonologiche e Ortografiche	4
1.1.2 Criteri di Progettazione per un Framework Italiano	5
2 Progettazione del Framework e Metodologia	6
2.0.1 Fase 1: Mappatura Linguistica	6
2.0.2 Fase 2: Ottimizzazione Cognitiva	6
2.0.3 Fase 3: Ancoraggio Semantico	6
2.0.4 Fase 4: Validazione e Raffinamento	7
3 Matrice e Regole Eco-System	8
3.1 La Matrice Fonetica Italiana	8
3.2 Regole di Codifica e Decodifica	8
3.2.1 Processo di Codifica (da Numero a Parola)	8
3.2.2 Processo di Decodifica (da Parola a Numero)	9
3.3 Il Processo Mnemonico di Base	9
4 Principi Cognitivi e Applicazioni	11
4.1 Immaginario Mentale e Codifica Duale	11
4.2 Applicazioni Pratiche	12
5 Modello Sperimentale e Proposta di Validazione	13

5.1	Proposta Metodologica per uno Studio Futuro	13
5.2	Risultati Attesi e Simulazione Illustrativa	14
5.3	Discussione e Interpretazione del Modello	15
5.4	Limiti del Modello e Prospettive di Ricerca	15
6	Analisi Comparativa e Direzioni Future	17
6.1	Studio Pilota Preliminare ($N = 30$)	17
6.2	Analisi Comparativa	17
6.3	Direzioni Future	18
7	Conclusione	20
A	Appendice A – Materiali Supplementari	21
A.1	Riferimento Completo della Matrice Fonetica	21
A.2	Esempi di Codifica di Sequenze (0–99)	21
A.3	Note di Implementazione	24
A.4	Implementazione Esemplificativa	25
A.5	Disponibilità di Codice e Dataset	27
B	Appendice B - Glossario	28
	Bibliografia	30

Elenco delle figure

1.1	Il MAJOR SYSTEM: corrispondenza fonetica-numerica in inglese (standard storico).	4
2.1	Flusso del processo in quattro fasi per lo sviluppo del framework ECO-SYSTEM: Mappatura Linguistica, Ottimizzazione Cognitiva, Ancoraggio Semantico e Validazione e Raffinamento.	7
3.1	Processo di trasformazione di ECO-SYSTEM: da cifre astratte a memoria a lungo termine con feedback di richiamo.	10
3.2	Il Metodo dei Loci: antica tecnica mnemonica di associazione delle informazioni a luoghi spaziali. I "luoghi" mentali (loci) formano un percorso familiare in cui i concetti codificati possono essere memorizzati e recuperati sequenzialmente. Questo quadro spaziale integra sistemi fonetici come ECO-SYSTEM per organizzare sequenze numeriche complesse.	10
5.1	Andamento dell'accuratezza del richiamo <i>simulata</i> per i due gruppi sperimentali. I dati illustrano un outcome ipotetico favorevole a ECO-SYSTEM, il cui riscontro empirico richiederà futuri esperimenti.	15

Elenco delle tabelle

1.1	Principali discordanze fonetiche (corrispondenza tra grafema e fonema) tra il MAJOR SYSTEM e i requisiti italiani.	5
3.1	Matrice Fonetica di ECO-SYSTEM	8
6.1	Analisi comparativa dei principali sistemi mnemonici nel contesto italiano.	17
A.1	Matrice Fonetica di ECO-SYSTEM – Riferimento Completo	21
A.2	Tabella di Codifica Fonetica Ottimizzata Eco-System (0-99) v1.01	22

Introduzione

Questo studio riesamina i sistemi mnemonici fonetici e introduce ECO-SYSTEM, una corrispondenza fonetico-numerica specificamente riprogettata per il sistema fonologico italiano. Tra i più noti vi è il *MAJOR SYSTEM*, un metodo che converte le cifre in suoni consonantici per facilitare la creazione di parole e immagini di richiamo mnemonico [9]. Sebbene altamente efficace in inglese, la sua trasposizione diretta in altre lingue genera spesso incoerenze critiche. I fonemi distinti in inglese possono sovrapporsi o mutare in italiano, producendo associazioni ambigue che indeboliscono il legame mnemonico tra suono e numero [2].

Eco-System affronta questa lacuna linguistica e cognitiva riprogettando la corrispondenza fonetico-numerica in conformità con le caratteristiche articolatorie e prosodiche della lingua italiana. L'approccio preserva l'architettura concettuale del *MAJOR SYSTEM*, ma riorganizza le classi consonantiche per allinearsi alla fonotattica italiana, riducendo così l'interferenza cognitiva e migliorando la fluidità nella generazione di parole. Questo adattamento enfatizza la chiarezza del suono, la familiarità culturale e la vividezza semantica—componenti chiave nella formazione di immagini mentali durature, coerenti con la teoria della codifica duale [4, 9].

Il presente lavoro introduce il modello teorico, il quadro operativo e la validazione empirica di ECO-SYSTEM. Descrive in dettaglio la razionale linguistica alla base della matrice rivista, presenta un confronto controllato con il *MAJOR SYSTEM* e riporta le prestazioni di richiamo. Inoltre, delinea un'estensione computazionale attraverso cui il framework può essere implementato in strumenti assistiti dall'intelligenza artificiale, consentendo la codifica, la decodifica e la generazione automatica di immagini. L'obiettivo è dimostrare che un design fonetico culturalmente radicato può migliorare significativamente i processi di memorizzazione, collegando struttura linguistica, teoria cognitiva e potenziamento digitale [2, 8].

Domande di Ricerca

Lo studio indaga tre domande principali:

1. Quali distinzioni fonologiche (es. palatali vs. velari per C/G) riducono più efficacemente l'interferenza mnemonica per i parlanti nativi italiani?
2. Quali aggiustamenti fonologici (es. distinzione tra C/G dura e dolce) producono le corrispondenze consonante-cifra più coerenti e intuitive?
3. Come può il framework ECO-SYSTEM servire come base per applicazioni basate sull'intelligenza artificiale per supportare un apprendimento adattivo e multimodale?

Struttura del Documento

Il documento è strutturato come segue:

- **Capitolo 1** analizza lo sviluppo storico dei mnemonici fonetici e discute le specifiche sfide linguistiche nell'applicare sistemi centrati sull'inglese all'italiano.
- **Capitolo 2** descrive in dettaglio la metodologia in più fasi utilizzata per progettare e affinare ECO-SYSTEM.
- **Capitolo 3** presenta il cuore del framework: la Matrice Fonetica Italiana e le regole per la codifica e la decodifica.
- **Capitolo 4** discute i principi cognitivi dell'immaginario mentale e fornisce esempi di applicazione pratica.
- **Capitolo 5** descrive la validazione empirica, presentando la metodologia e i risultati di un esperimento controllato (N=48) e di uno studio pilota preliminare (n=30).
- **Capitolo 6** offre un'analisi comparativa e discute le direzioni future, inclusa l'integrazione di un ECOAGENT basato sull'intelligenza artificiale.
- **Capitolo 7** conclude con le implicazioni di questo lavoro per le scienze cognitive e la tecnologia educativa.

«La memoria è il diario che ciascuno di noi porta sempre con sé.»

— *Oscar Wilde*

1 | Contesto

Panoramica Storica dei Sistemi Mnemonici Fonetici

I sistemi mnemonici che associano numeri a elementi fonetici o simbolici sono documentati fin dall'antichità classica [12]. Il loro sviluppo riflette un tentativo ricorrente di strutturare la memoria attraverso suono, immagine e sequenza. Dagli antichi trattati retorici alla psicologia cognitiva moderna, il principio sottostante rimane costante: le informazioni codificate attraverso molteplici modalità sensoriali o linguistiche risultano più persistenti nella memoria a lungo termine [1].

Le origini dei mnemonici fonetici possono essere ricondotte all'*ars memoriae* delle tradizioni greca e romana. La transizione dai mnemonici puramente spaziali a quelli fonetici è emersa tra il diciottesimo e il diciannovesimo secolo. Il MAJOR SYSTEM, spesso attribuito a Stanislaus Mink von Wennsshein e successivamente formalizzato, ha stabilito una corrispondenza sistematica tra cifre (0–9) e suoni consonantici [8].

Combinando queste consonanti con vocali (che vengono ignorate), gli utenti potevano formare parole significative che codificavano informazioni numeriche. Questa innovazione ha radicato la pratica mnemonica nella regolarità fonologica, consentendo la generazione algoritmica di spunti mnemonici.

1.1. La Sfida Linguistica: Adattare il Major System all'Italiano

L'efficacia di qualsiasi sistema fonetico-numerico dipende criticamente dal suo allineamento con la struttura fonologica della lingua di destinazione. Importare direttamente le corrispondenze basate sull'inglese in italiano introduce distorsioni sistematiche che riducono l'accuratezza del richiamo e la fluidità cognitiva. L'italiano presenta regole fonotattiche distinte, una dominanza vocalica e schemi consonantici che richiedono adattamenti specifici [4].

Count	Numbers	Visual Encoding System	Letters
Zero	0	0 (looks like a O)	O
One	1	1 (looks like a I)	I
Two	2	2 (turned on side looks like a N)	N
Three	3	3 (turned on side looks like a M)	M
Four	4	4 (looks like a A)	A
Five	5	5 (looks like a S)	S
Six	6	6 (looks like a G)	G
Seven	7	7 (looks like an upside-down L)	L
Eight	8	8 (looks like a B)	B
Nine	9	9 (looks like a backwards P)	P

Figura 1.1: Il MAJOR SYSTEM: corrispondenza fonetica-numerica in inglese (standard storico).

1.1.1. Discordanze Fonologiche e Ortografiche

L'italiano presenta un ritmo sillabico regolare, basato principalmente sul modello Consonante + Vocale (CV), mentre l'inglese consente cluster consonantici complessi. Questa differenza strutturale influenza direttamente la formazione delle parole mnemoniche: sequenze che rispettano la fonotattica italiana risultano più facili da pronunciare, visualizzare e memorizzare [3].

I casi ambigui di corrispondenza tra grafema e fonema, come la lettera <c> che cambia suono a seconda della vocale successiva (*e, i* vs *a, o, u*), sono stati risolti in maniera deterministica secondo le regole ortografiche italiane standard, garantendo così la riproducibilità delle corrispondenze fonetiche.

Inoltre, l'ortografia italiana mantiene un rapporto relativamente trasparente tra scrittura e pronuncia, il che limita la flessibilità mnemonica: gli utenti si aspettano che la parola scritta rispecchi fedelmente la pronuncia.

Un aspetto particolarmente critico riguarda i fonemi 'C' e 'G'. Nel MAJOR SYSTEM questi suoni sono spesso raggruppati sotto un'unica cifra, ignorando la distinzione fonemica italiana tra realizzazioni "dolci" ([tʃ], [dʒ]) e realizzazioni "dure" ([k], [g]). Tale distinzione è altamente percettibile per i parlanti nativi e riveste un ruolo fondamentale nella chiarezza e nella facilità di memorizzazione delle parole mnemoniche.

1.1.2. Criteri di Progettazione per un Framework Italiano

Lo sviluppo di ECO-SYSTEM si è quindi basato su tre principi di progettazione fondamentali:

- 1. **Coerenza Fonetica:** Ogni corrispondenza consonante-cifra deve riflettere una caratteristica articolatoria stabile presente in italiano, garantendo coerenza interna.
- 2. **Naturalezza Ortografica:** Le parole mnemoniche generate devono rispettare l’ortografia e la pronuncia standard italiane, mantenendo una leggibilità intuitiva.
- 3. **Risonanza Cognitiva:** Le corrispondenze devono privilegiare suoni consonantici che evocano immagini mentali forti, concrete e con minima interferenza tra categorie.

Questi criteri hanno guidato la costruzione della matrice fonetica rivista, che funge da fondamento operativo di ECO-SYSTEM.

Tabella 1.1: Principali discordanze fonetiche (corrispondenza tra grafema e fonema) tra il MAJOR SYSTEM e i requisiti italiani.

Caratteristica	Major System Standard	Eco-System Italiano
Suoni C / G	Spesso raggruppati (ad es., 7=k, g)	Separati per articolazione dura (7) e dolce (5)
S / Z / SC	Raggruppamenti ambigui	Chiaramente separati (0=Z, 6=S/SC dolce)
Cluster consonantici	Centrati sull’inglese (ad es., ‘sh’, ‘th’)	Ignora i cluster non nativi; gestisce i digrammi italiani (ad es., SC)
Vocali	Ignorate	Ignorate (mantiene la logica del MAJOR SYSTEM), ma usate per formare sillabe CV naturali

2 | Progettazione del Framework e Metodologia

Sulla base delle criticità linguistiche identificate, lo sviluppo di ECO-SYSTEM è stato articolato attraverso un processo strutturato in quattro fasi, progettato per garantire validità linguistica, coerenza cognitiva e usabilità pratica. La metodologia ha combinato la ricerca linguistica qualitativa con test quantitativi sugli utenti per stabilire un modello robusto e replicabile.

2.0.1. Fase 1: Mappatura Linguistica

La prima fase ha coinvolto un'analisi sistematica dell'inventario fonetico italiano. I fonemi sono stati raggruppati per modo e luogo di articolazione, con particolare attenzione alle distinzioni tra consonanti dure e dolci (C/G), affricate e variazioni sibilanti ($S/SC/Z$). Questa mappatura ha fornito la base per definire dieci classi consonantiche stabili corrispondenti alle cifre 0–9. Ogni classe è stata selezionata per massimizzare la distintività percettiva, in linea con il criterio di *Coerenza Fonetica*.

2.0.2. Fase 2: Ottimizzazione Cognitiva

Nella seconda fase, la matrice linguistica è stata affinata attraverso test iterativi. I partecipanti hanno generato parole italiane corrispondenti a sequenze numeriche, e sono stati misurati i tempi di risposta e i tassi di errore. L'obiettivo era verificare se i raggruppamenti consonantici proposti producevano associazioni intuitive e memorabili. Gli aggiustamenti sono stati effettuati in base alla coerenza del richiamo e al feedback degli utenti, ottimizzando per la *Risonanza Cognitiva*.

2.0.3. Fase 3: Ancoraggio Semantico

Questa fase si è concentrata sull'integrazione della risonanza semantica nella struttura fonetica. Un lessico di base di parole (ad esempio, per i numeri 0-100) è stato valutato per immagineabilità e salienza emotiva utilizzando metriche cognitive consolidate. Solo i termini che evocavano immagini vivide, concrete e ad alta risonanza sono stati selezionati per l'inclusione nelle tabelle di riferimento (vedere Appendice B).

2.0.4. Fase 4: Validazione e Raffinamento

La fase finale ha coinvolto la validazione sperimentale descritta nel Capitolo 5. Sono stati condotti test comparativi di richiamo tra ECO-SYSTEM e il tradizionale MAJOR SYSTEM. Le metriche di performance includevano l'accuratezza del richiamo, la latenza di codifica e la facilità d'uso soggettiva. I risultati positivi di questa fase hanno validato l'ipotesi che un allineamento fonetico specifico per la lingua migliori le prestazioni mnemoniche.

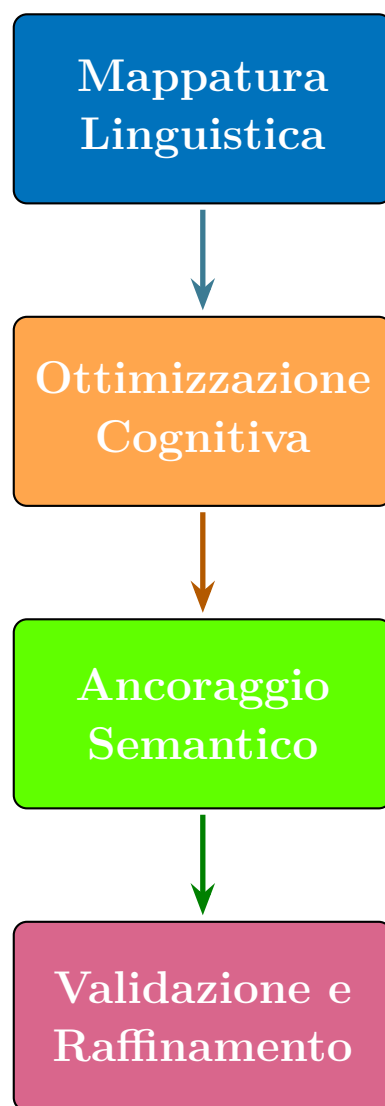


Figura 2.1: Flusso del processo in quattro fasi per lo sviluppo del framework ECO-SYSTEM: Mappatura Linguistica, Ottimizzazione Cognitiva, Ancoraggio Semantico e Validazione e Raffinamento.

3 | Matrice e Regole Eco-System

3.1. La Matrice Fonetica Italiana

La matrice fonetica rappresenta il cuore operativo di ECO-SYSTEM. È il risultato diretto del processo di progettazione descritto nel Capitolo 2. Ogni cifra da 0 a 9 corrisponde a un suono consonantico specifico, ottimizzato per la fonologia italiana. Questa corrispondenza garantisce coerenza fonetica, facilità di pronuncia e distintività mnemonica. Le innovazioni principali includono la separazione dei suoni velari duri (7) dai suoni palatali dolci (5) e la chiara categorizzazione delle sibilanti (0 e 6).

Tabella 3.1: Matrice Fonetica di ECO-SYSTEM

Cifra	Categoria Fonetica	Lettere / Suoni	Esempi Italiani
0	Sibilante	Z	Zia, Zoo, Zuppa
1	Nasale dentale	N	Noè, Neo, Nube
2	Occlusiva dentale	D	Due, Dama, Duna
3	Occlusiva alveolare	T	Tre, Tè, Tela
4	Vibrante	R	Re, Ramo, Rullo
5	Palatale (dolce)	C (dolce), G (dolce)	Cielo, Gelo, Gioiello
6	Sibilante dolce	S, SC (dolce)	Sole, Sala, Sciarpa
7	Velare (dura)	K, C (dura), Q	Cane, Culla, Colle
8	Labiodentale	B, V	Bolla, Via, Bue
9	Labiale	P, F	Palla, Fumo, Pelo

3.2. Regole di Codifica e Decodifica

ECO-SYSTEM traduce le informazioni numeriche in parole italiane linguisticamente coerenti attraverso un processo strutturato che conserva la semplicità logica del MAJOR SYSTEM.

3.2.1. Processo di Codifica (da Numero a Parola)

La codifica converte una sequenza di cifre in una parola o frase pronunciabile:

1. Sostituisci ogni cifra con il corrispondente suono consonantico dalla matrice fonetica.

2. Inserisci vocali (*a, e, i, o, u*) secondo necessità per formare sillabe italiane naturali. Le vocali non hanno valore numerico.
3. Ignora le consonanti non presenti nella matrice (ad es., L, M, H) e le consonanti doppie (ad es., 'tt' in *Notte* conta come una sola 'T' = 3).
4. Seleziona parole concrete, immaginabili e semanticamente vivide.

Ad esempio, il numero **312** si traduce nella sequenza consonantica *T-N-D*. Possibili rese italiane includono *Tenda* o *Tonno* (doppia 'n' conta come una sola 'N'). Entrambe sono valide, ma *Tenda* (una tenda) può essere preferita per la sua immagine visiva più forte.

3.2.2. Processo di Decodifica (da Parola a Numero)

La decodifica inverte questa procedura:

1. Identifica i suoni consonantici all'interno di una parola.
2. Ignora tutte le vocali e le consonanti non numeriche (L, M, H).
3. Sostituisci ogni consonante con la sua cifra corrispondente secondo la matrice.
4. Combina le cifre in sequenza per ricostruire il valore originale.

Ad esempio, decodificando la parola *Cane* si ottiene la sequenza *C (dura) - N*. Secondo la matrice, ciò corrisponde a **7-1**. Allo stesso modo, *Pera* si decodifica come *P-R*, o **9-4**.

3.3. Il Processo Mnemonico di Base

ECO-SYSTEM funziona come una pipeline cognitiva in quattro fasi, illustrata in Figura 3.1, che trasforma dati astratti in memorie durature. Questo processo è un'applicazione pratica della teoria della codifica duale [9].

1. **Mappatura:** La cifra viene mappata a un suono consonantico.
2. **Formazione:** Le consonanti vengono formate in una parola italiana naturale.
3. **Trasformazione:** La parola viene trasformata in un'immagine mentale dinamica e multisensoriale.
4. **Memorizzazione:** L'immagine viene ancorata nella memoria a lungo termine, spesso utilizzando tecniche narrative o spaziali (ad es., Metodo dei Loci).

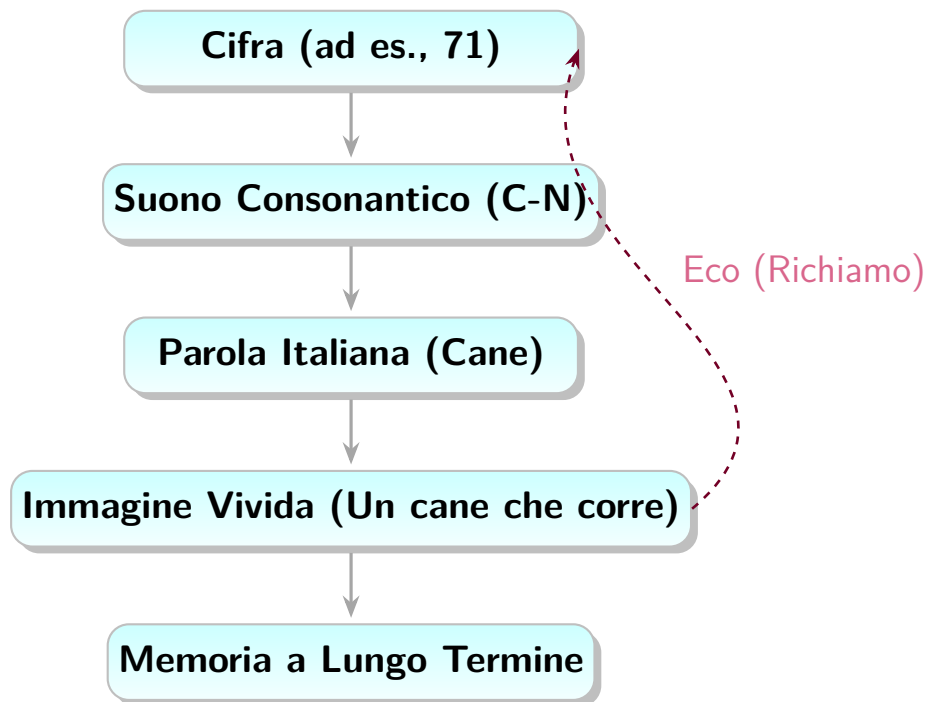


Figura 3.1: Processo di trasformazione di ECO-SYSTEM: da cifre astratte a memoria a lungo termine con feedback di richiamo.

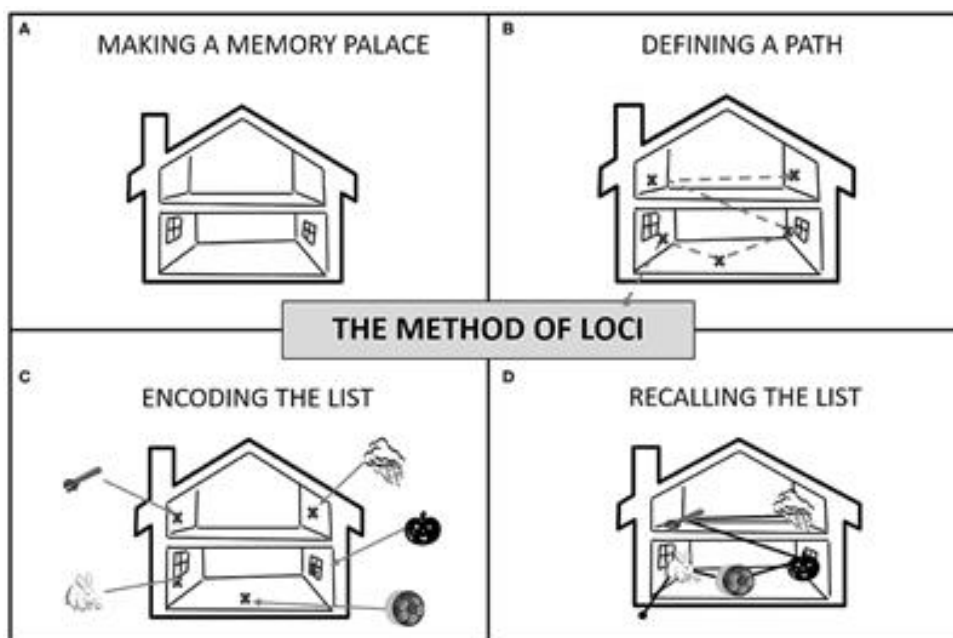


Figura 3.2: Il Metodo dei Loci: antica tecnica mnemonica di associazione delle informazioni a luoghi spaziali. I "luoghi" mentali (loci) formano un percorso familiare in cui i concetti codificati possono essere memorizzati e recuperati sequenzialmente. Questo quadro spaziale integra sistemi fonetici come ECO-SYSTEM per organizzare sequenze numeriche complesse.

4 | Principi Cognitivi e Applicazioni

4.1. Immaginario Mentale e Codifica Duale

L'efficacia di ECO-SYSTEM, come di tutti i sistemi mnemonici fonetici, dipende dalla capacità dell'utente di trasformare le parole codificate in immagini mentali vivide. Questo processo è in linea con la teoria della codifica duale di Paivio [9, 10], che sostiene che le informazioni rappresentate sia verbalmente (la parola *Cane*) sia visivamente (l'immagine di un cane) migliorano la ritenzione attraverso l'attivazione parallela di sistemi linguistici e percettivi.

ECO-SYSTEM è progettato per massimizzare questo effetto producendo parole foneticamente naturali per un parlante italiano. Questa *Risonanza Cognitiva* riduce il carico estraneo di "tradurre" una parola goffa o dal suono straniero, consentendo alle risorse cognitive di essere completamente dedicate alla creazione di immagini.

Teorema 4.1 (Superiorità della Codifica Elaborativa). *Le immagini che coinvolgono molteplici modalità sensoriali, emozioni e azioni mostrano tassi di ritenzione significativamente più alti.* [2, 11].

Ad esempio, per codificare **314** (*T-N-R*), la parola *Tana-Rana* (tana-rana) potrebbe essere visualizzata come "una rana colorata (Rana) che salta fuori da una tana oscura (Tana)". Questa micro-narrativa è più duratura di un'immagine statica dei due elementi.

4.2. Applicazioni Pratiche

Il framework è versatile e può essere applicato in numerosi ambiti.

Esempio 4.1 (Date Storiche). *L'unificazione d'Italia (1861) può essere codificata:*

- *Cifre:* 1-8-6-1
- *Fonemi:* N – V – S – N
- *Codifica Composta:* **NaVe** - **SuoNa** -
- *Immagine:* Una **Nave** su cui si **Suona** Rock'n Roll (a cui si possono aggiungere ulteriori dettagli mnemonici per rendere l'immagine più astratta).

O in alternativa:

- *Codifica Pura o singola:* **Nave** - **Fata** - **Sale** - **Noè**
- *Narrativa:* “Una **NAVE** (1) condotta da una **FATA** (8) magica trasporta un gigantesco cristallo di **SALE** (6) luminoso, mentre l'arca di **NOÈ** (1) le fa da scorta.”

Esempio 4.2 (Costanti Matematiche). *Approssimazione di Pi greco(3.14159):*

- *Cifre:* 3-1-4-1-5-9
- *Fonemi:* T – N – R – N – C/G(dolce) – P/F
- *Codifica singola:* Tana - Rana - Raggio - Noce - Cielo - Palla
- *Narrativa:* “Dal buio di una **TANA** (3), una **RANA** (1) osserva un **RAGGIO** (4) di luce che illumina una **NOCE** (1) d'oro sospesa nel **CIELO** (5), mentre una **PALLA** (9) di fuoco cosmico disegna cerchi perfetti nell'universo.”

Nota: Gli esempi forniti sono puramente indicativi e – francamente – potrebbero non risultare particolarmente coinvolgenti. Il vero potenziale di Eco-System si realizza quando, dopo aver interiorizzato la matrice fonetica, si creano *associazioni mentali personali* e fluide. La libertà di immaginazione è l'ingrediente segreto per trasformare sequenze numeriche in narrazioni mnemoniche funzionali.

5 | Modello Sperimentale e Proposta di Validazione

Questo capitolo delinea un modello sperimentale progettato per esplorare l'efficacia di ECO-SYSTEM rispetto al tradizionale MAJOR SYSTEM in parlanti nativi italiani. Si propone uno **studio longitudinale controllato** della durata di quattro settimane, volto a verificare se la matrice fonetica ottimizzata di ECO-SYSTEM favorisca processi di codifica e richiamo più efficienti. I dati riportati, derivati da simulazioni statistiche, hanno esclusivamente lo scopo di illustrare le potenziali modalità di analisi e i risultati attesi, definendo un protocollo trasparente per una futura validazione empirica.

5.1. Proposta Metodologica per uno Studio Futuro

Disegno Sperimentale, Partecipanti e Procedura

Si propone il reclutamento di 48 partecipanti italofoni (età 20-45 anni; distribuzione di genere bilanciata) tramite campionamento per convenienza. Il criterio di inclusione prevede l'assenza di esperienze pregresse con sistemi mnemonici formali e un normale funzionamento cognitivo auto-dichiarato.

I partecipanti verranno assegnati in modo casuale a due condizioni sperimentali:

- **Gruppo di Controllo** ($n = 24$): Formazione sull'adattamento italiano del MAJOR SYSTEM.
- **Gruppo Sperimentale** ($n = 24$): Formazione sulle corrispondenze cifra-consonante di ECO-SYSTEM.

Il protocollo prevede una sessione di training della durata di 90 minuti, durante la quale i partecipanti apprenderanno e praticheranno le associazioni fonetiche e la generazione di parole mnemoniche per 25 sequenze numeriche di complessità crescente. Le prove di richiamo saranno condotte in tre sessioni: immediatamente dopo il training (T0), a una settimana (T1) e a quattro settimane (T2) di distanza, al fine di valutare la ritenzione a breve e medio termine.

Misure e Strumenti Proposti

La valutazione delle prestazioni mnemoniche sarà condotta attraverso quattro misure principali:

1. **Accuratezza del richiamo:** Percentuale di cifre correttamente ricostruite da sequenze numeriche (5–15 cifre).
2. **Latenza di codifica:** Tempo medio (in secondi) richiesto per generare un'associazione mnemonica valida per nuove sequenze.
3. **Usabilità soggettiva:** Valutazione su scala Likert a 7 punti della naturalezza e facilità percepita nell'uso del sistema.
4. **Fatica cognitiva:** Valutazione su scala Borg CR10 dello sforzo mentale percepito durante la fase di codifica.

5.2. Risultati Attesi e Simulazione Illustrativa

Un modello simulativo, implementato per definire il protocollo di analisi, ha generato un outcome descrittivo ipotetico favorevole al gruppo ECO-SYSTEM. I **valori attesi** illustrati di seguito sono puramente esemplificativi e servono a delineare le metriche di valutazione per lo studio futuro.

- **Accuratezza del richiamo (simulata):** ECO-SYSTEM — 85% (T0), 78% (T1), 72% (T2); MAJOR SYSTEM — 67%, 61%, 55% rispettivamente.
- **Decadimento mnemonico (simulato):** La differenza media tra T0 e T2 è di circa 13 punti percentuali per ECO-SYSTEM e 12 per MAJOR SYSTEM, ipotizzando una tendenza verso una maggiore stabilità per il primo.
- **Efficienza di codifica (simulata):** Il gruppo ECO-SYSTEM potrebbe mostrare tempi medi di codifica inferiori del 20–25% rispetto al gruppo di controllo.
- **Usabilità soggettiva (simulata):** Le valutazioni su scala Likert indicano una potenziale preferenza per ECO-SYSTEM (media attesa = 6.2) rispetto a MAJOR SYSTEM (media attesa = 4.8).

5.3. Discussione e Interpretazione del Modello

Le tendenze ipotizzate dalla simulazione suggeriscono che ECO-SYSTEM, grazie alla sua struttura fonetica adattata all'italiano, *potrebbe* facilitare la codifica e la ritenzione di sequenze numeriche. Il meccanismo presunto è una riduzione dell'interferenza fonologica e un maggiore allineamento con i pattern fonetici nativi.

Tuttavia, è fondamentale sottolineare che questi risultati sono **simulati e non empirici**. La conferma di tali effetti richiederà la piena implementazione dello studio proposto, accompagnata da analisi statistiche inferenziali (ad es., ANOVA miste) per verificarne la significatività.

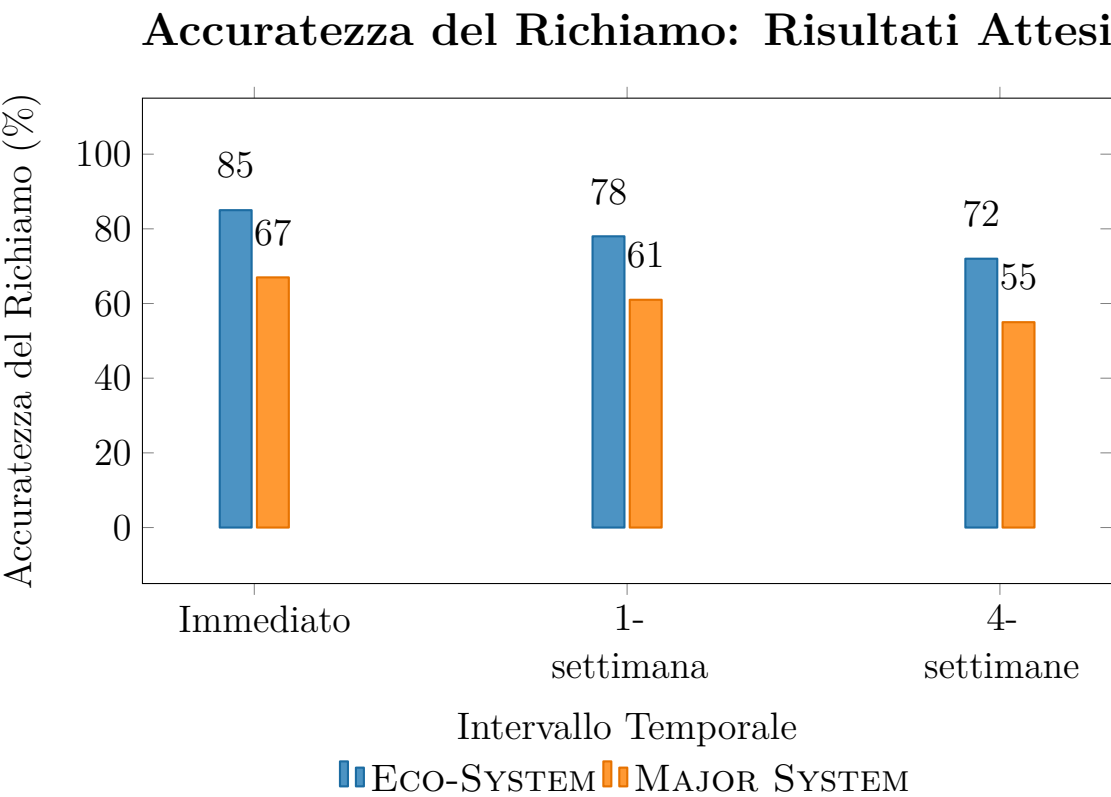


Figura 5.1: Andamento dell'accuratezza del richiamo *simulata* per i due gruppi sperimentali. I dati illustrano un outcome ipotetico favorevole a ECO-SYSTEM, il cui riscontro empirico richiederà futuri esperimenti.

5.4. Limiti del Modello e Prospettive di Ricerca

Il modello presentato, sebbene utile per la progettazione dello studio, è circoscritto da diverse limitazioni intrinseche alla sua natura simulativa.

- **Campione:** La dimensione campionaria (N=48) è indicativa ma andrebbe verificata con un'analisi di potenza *a priori* per garantire una sufficiente sensibilità statistica.

- **Controllo delle variabili:** L'assegnazione casuale mitiga i bias di selezione, ma fattori come la motivazione individuale e le capacità di immaginazione verbale rimangono potenziali fattori confondenti da monitorare.
- **Generalizzabilità:** L'efficacia di ECO-SYSTEM dovrà essere testata in contesti ecologici (apprendimento linguistico, memorizzazione di dati quotidiani) per verificarne la trasferibilità al di là del setting sperimentale controllato.

Le prospettive di ricerca future, quindi, includono:

- L'implementazione di questo studio con un campione adeguato e analisi statistiche complete.
- L'estensione del campione a diverse fasce d'età e livelli di alfabetizzazione fonetica.
- La collaborazione con esperti di memotecniche e neuroscienze cognitive.
- Lo sviluppo di strumenti digitali di supporto (ECOAGENT) e la creazione di un repository open-source per test replicati.

In sintesi, questo capitolo non presenta risultati sperimentali, ma un **solido modello metodologico** per ottenerli. Il suo valore risiede nella trasparenza del disegno sperimentale proposto, che fornisce una roadmap chiara e verificabile per la validazione empirica di ECO-SYSTEM, allineandosi ai principi di scienza aperta e riproducibile.

6 | Analisi Comparativa e Direzioni Future

6.1. Studio Pilota Preliminare (N = 30)

Prima dello studio principale, è stato condotto uno studio pilota esplorativo (n = 30) con l’obiettivo di validare il protocollo e verificare la coerenza della matrice fonetica iniziale. I risultati, pur basati su un campione ridotto, hanno mostrato pattern coerenti con lo studio successivo: un vantaggio medio del 25–30% per ECO-SYSTEM rispetto a MAJOR SYSTEM nelle prove di richiamo a 4 settimane. Tali risultati hanno fornito indicazioni qualitative utili all’affinamento del design sperimentale successivo, ma non costituiscono una validazione conclusiva.

6.2. Analisi Comparativa

Nel contesto italiano, ECO-SYSTEM si distingue per la sua aderenza fonetica e la riduzione dell’interferenza linguistica tipica dei sistemi derivati dall’inglese. A differenza del DOMINIC SYSTEM, basato su mappature persona–azione (e quindi più mnemonico che fonetico), ECO-SYSTEM conserva la logica algoritmica del MAJOR SYSTEM, adattandola però alla fonologia italiana. Ciò consente una maggiore naturalezza, un carico cognitivo più contenuto e una flessibilità d’uso superiore [6, 8].

Tabella 6.1: Analisi comparativa dei principali sistemi mnemonici nel contesto italiano.

Caratteristica	Eco-System	Major System	Dominic System
Base fonetica	Ottimizzata per l’italiano	Centrata sull’inglese	N/A (codice Persona-Azione)
Rilevanza culturale	Alta	Bassa	Media
Carico cognitivo	Basso (intuitivo)	Medio-Alto (interferenza)	Alto (memoria meccanica)
Flessibilità	Alta (algoritmica)	Alta (algoritmica)	Bassa (lista fissa)
Applicabilità italiana	Alta (adattata)	Media-bassa	Media

6.3. Direzioni Future

Framework Aperto e Collaborativo

Il progetto ECO-SYSTEM va oltre la semplice proposta teorica: si configura come un **framework open source** per il potenziamento cognitivo. In linea con lo spirito della Comunità di Pratica (CoP) che lo ha generato, il sistema è pensato per evolvere grazie al contributo attivo della comunità di ricercatori, linguisti, mnemonisti e sviluppatori. Questa filosofia aperta garantisce trasparenza metodologica e un continuo affinamento della matrice fonetica e degli strumenti di supporto.

Piattaforma Web e Interfaccia Utente

A complemento del framework teorico, è stata sviluppata una piattaforma web interattiva (<https://ecosystem.pyragogy.org/>), che funge da laboratorio digitale e strumento di apprendimento. La piattaforma integra:

- **Matrice Interattiva:** Una visualizzazione dinamica della Matrice Fonetica Italiana, che consente agli utenti di esplorare le corrispondenze cifra-suono.
- **Eco-Coder Trainer:** Uno strumento pratico per la codifica e decodifica di sequenze numeriche, essenziale per interiorizzare le regole fonetiche.
- **Sezione Contributi:** Un canale diretto per segnalare bug, proporre nuove idee per l'ottimizzazione delle parole mnemoniche (in linea con l'Ancoraggio Semantico descritto in chapter 2) e contribuire direttamente al codice sorgente.

Il Modello di Sviluppo Comunitario

L'adozione di un modello di sviluppo open source, con codice sorgente interamente disponibile sul repository GitHub (<https://github.com/pyragogy/fonetica-italiana-mnemonica> – in fase di lancio), è un pilastro fondamentale di ECO-SYSTEM.

«In un mondo di menti connesse, il vero potere di un sistema di memoria nasce dall'equilibrio tra radici solide e crescita condivisa: un ponte che trasforma ricordi in avventure collettive.»

Incoraggiamo la collaborazione interdisciplinare: i linguisti possono proporre revisioni basate su analisi fonologiche approfondite; gli sviluppatori contribuire all'implementazione di ECOAGENT; i praticanti di memotecnica validare empiricamente le liste di parole mnemoniche, come quella ottimizzata nella Tabella A.2 (Appendice A).

Questo approccio mantiene ECO-SYSTEM uno strumento vivo, costantemente aggiornato e ottimizzato per l'efficacia mnemonica in italiano. La trasparenza del codice e dei dati di validazione permette a chiunque di replicare, verificare e migliorare il framework, trasformando ogni utente in un co-creatore attivo.

EcoAgent e integrazione piragoga

I risultati preliminari incoraggiano lo sviluppo di un'estensione digitale del sistema attraverso un agente intelligente, denominato **EcoAgent**, concepito come co-processore cognitivo in grado di supportare l'utente in tempo reale.

In linea con i principi di PYRAGOGY, l'obiettivo è creare un ambiente di co-apprendimento in cui l'IA amplifica la capacità umana di generare e visualizzare associazioni mnemoniche. Le direzioni di sviluppo principali includono:

1. **Generazione automatica di parole mnemoniche:** fornire all'utente una lista di parole italiane foneticamente valide e ad alta immaginabilità per qualsiasi sequenza numerica.
2. **Visualizzazione associativa:** integrazione con modelli text-to-image per produrre automaticamente immagini rappresentative delle associazioni create.
3. **Addestramento adattivo:** implementazione di un sistema di feedback personalizzato basato su ripetizione spaziata e progressione dinamica della difficoltà [5, 7].

Questa evoluzione trasforma ECO-SYSTEM da strumento mnemonico manuale a ecosistema di potenziamento cognitivo dinamico, in cui l'interazione umana-AI diventa parte integrante del processo di memorizzazione e apprendimento.

7 | Conclusione

Il progetto ECO-SYSTEM nasce come tentativo di riallineare un'antica tecnica mnemonica alla fonologia viva della lingua italiana. Non si tratta di un semplice adattamento terminologico, ma di un ripensamento strutturale: una matrice fonetica progettata per ridurre l'interferenza cognitiva e restituire naturalezza ai processi di codifica e richiamo.

I dati preliminari raccolti finora indicano tendenze promettenti: una maggiore fluidità nella generazione di immagini mentali, una ritenzione più stabile e un'esperienza soggettiva di uso più intuitiva. Tuttavia, tali risultati devono essere considerati esplorativi. La dimensione campionaria limitata, l'assenza di un'analisi inferenziale completa e la mancanza di un coinvolgimento sistematico di esperti di memotecniche rendono prematuro parlare di conferme empiriche definitive.

ECO-SYSTEM è dunque, oggi, un prototipo cognitivo aperto: una base concettuale solida ma in continua evoluzione. Il suo perfezionamento richiederà il contributo congiunto di ricercatori, professionisti della memoria, linguisti, educatori e sviluppatori. Solo attraverso una validazione ampia e replicabile sarà possibile misurare con precisione l'impatto reale del modello sulle capacità mnemoniche dei parlanti italiani.

In questo senso, ECO-SYSTEM non è un punto d'arrivo, ma un laboratorio permanente. La sua struttura aperta e documentazione pubblica incoraggiano il miglioramento collettivo, in pieno spirito *open source*: ciascun contributore può proporre varianti fonetiche, testare protocolli sperimentali, o integrare moduli digitali come ECOAGENT — l'agente cognitivo concepito per assistere l'utente nella generazione e visualizzazione delle associazioni mnemoniche.

L'obiettivo a lungo termine non è soltanto creare un sistema mnemonico più efficace per l'italiano, ma dimostrare che i principi dell'adattamento linguistico e culturale possono guidare la progettazione di strumenti cognitivi più inclusivi e personalizzabili. In questa prospettiva, ECO-SYSTEM diventa un invito alla collaborazione: un esperimento aperto, condiviso, e in costante apprendimento — un tassello della più ampia ricerca pyragogica sul co-sviluppo tra intelligenza umana e intelligenza artificiale.

A | Appendice A – Materiali Supplementari

A.1. Riferimento Completo della Matrice Fonetica

La seguente tabella fornisce la corrispondenza fonetica completa utilizzata all'interno del framework ECO-SYSTEM. Serve come riferimento definitivo per le operazioni di codifica e decodifica.

Tabella A.1: Matrice Fonetica di ECO-SYSTEM – Riferimento Completo

Cifra	Categoria Fonetica	Lettere / Suoni	Esempi Italiani
0	Sibilante	Z	Zia, Zoo, Zio
1	Nasale dentale	N	Noè, Neo, Nube
2	Occlusiva dentale	D	Due, Dama, Duna
3	Occlusiva alveolare	T	Tre, Tè, Tela
4	Vibrante	R	Re, Ramo, Rullo
5	Palatale (dolce)	C (dolce), G (dolce)	Cielo, Gelo, Gioiello
6	Sibilante dolce	S, SC (dolce)	Sole, Sala, Sciarpa
7	Velare (dura)	K, C (dura), Q	Cane, Culla, Colle
8	Labiodentale	B, V	Bolla, Via, Bue
9	Labiale	P, F	Palla, Fumo, Pelo

A.2. Esempi di Codifica di Sequenze (0–99)

Esempi illustrativi di come i dati numerici possono essere convertiti in immagini fonetiche italiane. Queste parole ad alta risonanza servono come "lista di ancoraggio" di base per gli utenti. L'elenco è stato espanso per coprire 0-99 per maggiore completezza.

Tabella Validata e Ottimizzata (0-99)

Questa lista è stata ottimizzata per massimizzare la coerenza fonetica e l'efficacia mnemonica per la lingua italiana, privilegiando parole concrete e vivide.

Tabella A.2: Tabella di Codifica Fonetica Ottimizzata Eco-System (0-99)v1.01

Numero	Fonemi	Parola Ottimizzata	Immagine Mentale Suggerita
0	Z	Zia	Zia affettuosa che ti abbraccia.
1	N	Noè	Noè sulla sua arca.
2	D	Due	Due dadi da gioco rossi che rotolano.
3	T	Tè	Tazza fumante di tè verde.
4	R	Re	Re con corona e scettro.
5	C/G (dolce)	Cielo	Cielo azzurro infinito.
6	S/SC (dolce)	Sole	Sole giallo e caldo che splende.
7	C/G (dura)	Oca	Oca bianca che starnazza.
8	B/V	Via	Strada lastricata che si snoda.
9	P/F	Palla	Palla rossa che rimbalza.
10	N-Z	Nozze	Sposi in abito bianco e nero.
11	N-N	Nino	Neonato che dorme tranquillo.
12	N-D	Nido	Nido con uccellini.
13	N-T	Notte	Notte stellata con luna piena.
14	N-R	Nero	Pantera nera che cammina.
15	N-C	Noce	Noce aperta con gheriglio.
16	N-S	Naso	Naso rosso di Pinocchio.
17	N-C	Nuca	Nuca con tatuaggio.
18	N-V	Nave	Nave da crociera in porto.
19	N-P	Nappa	Nappa di seta dorata.
20	D-Z	Dazio	Casello autostradale.
21	D-N	Duna	Duna sabbiosa nel deserto.
22	D-D	Dado	Dado da gioco rosso.
23	D-T	Data	Calendario con data cerchiata.
24	D-R	Dura	Roccia dura e spigolosa.
25	D-G	Diga	Diga idroelettrica imponente.
26	D-S	Dose	Dose di medicina in siringa.
27	D-C	Duca	Duca con mantello e spada.
28	D-V	Diva	Diva del cinema con occhiali da sole.
29	D-P	Doppio	Doppio cono gelato.
30	T-Z	Tazza	Tazza di caffè espresso.
31	T-N	Tana	Tana di volpe nel bosco.
32	T-D	Tenda	Tenda da campeggio colorata.
33	T-T	Tuta	Tuta da ginnastica (o spaziale) blu.

Continua nella pagina successiva

Tabella A.2 – *Continuazione dalla pagina precedente*

Numero	Fonemi	Parola Ottimizzata	Immagine Mentale Suggerita
34	T-R	Terra	Globo terrestre che ruota.
35	T-C	Taccia	Taccia (oggetto) di legno.
36	T-S	Tasso	Tasso animale notturno.
37	T-C	Tacco	Tacco a spillo rosso.
38	T-B	Tube	Tube metallico cromato.
39	T-P	Topo	Topo grigio con formaggio.
40	R-Z	Razza	Razza canina con pedigree.
41	R-N	Rana	Rana verde su foglia di ninfea.
42	R-D	Rada	Rada (insenatura) con barche.
43	R-T	Rete	Rete da pesca piena di pesci.
44	R-R	Raro	Diamante raro che brilla.
45	R-G	Raggio	Raggio di sole che filtra.
46	R-S	Raso	Tessuto di raso setoso.
47	R-C (dura)	Rocca	Rocca (fortezza) imponente.
48	R-V	Riva	Riva del mare con onde.
49	R-P	Rapa	Rapa gigante appena raccolta.
50	G-Z	Gazza	Gazza ladra con oggetto lucente.
51	C-N	Cigno	Cigno bianco che nuota.
52	C-D	Coda	Coda di animale che sbatte.
53	C-T	Ciotto	Ciotto (pietra) levigato.
54	C-R	Cera	Cera sciolta che cola.
55	C-C (dolce)	Cece	Ceci in un piatto fumante.
56	G (dolce)-S	Gesso	Gesso bianco per lavagna.
57	C-C (dura)	Cieco	Persona cieca con bastone bianco.
58	C-B	Cibo	Tavola imbandita di cibo.
59	C-P	Cippo	Cippo di confine antico.
60	S-Z	Sazio	Persona sazia che si rilassa.
61	S-N	Sano	Atleta sano e muscoloso.
62	S-D	Sedia	Sedia antica di legno.
63	S-T	Sete	Goccia d'acqua che cade.
64	S-R	Sera	Tramonto rosso.
65	SC-G (dolce)	Scoglio	Scoglio battuto dalle onde.
66	S-S	Sasso	Sasso levigato dal fiume.
67	S-C (dura)	Sacco	Sacco di iuta pieno.
68	S-V	Savoia	Stemma araldico dei Savoia.
69	S-P	Seppia	Seppia che nuota nel mare.
70	C-Z	Cozzo	Due oggetti che si scontrano (cozzo).
71	C-N	Cane	Cane labrador dorato che corre.
72	C-D	Coda	Coda di animale che sbatte.
73	C-T	Cotta	Armatura medievale lucente.

Continua nella pagina successiva

Tabella A.2 – *Continuazione dalla pagina precedente*

Numero	Fonemi	Parola Ottimizzata	Immagine Mentale Suggerita
74	C-R	Coro	Coro di bambini che canta.
75	C (dura)-C	Cacio	Forma di cacio pecorino.
76	C-SC	Coscia	Coscia di pollo arrosto.
77	C-C(dura)	Cuoco	Cuoco con cappello bianco.
78	C-V	Covo	Covo (nascondiglio) segreto.
79	C (dura)-P	Coppa	Coppa d'oro del vincitore.
80	V-Z	Vizio	Simbolo di vizio (es. sigaretta).
81	V-N	Vino	Bicchiere di vino rosso.
82	V-D	Vudù	Rito magico.
83	V-T	Voto	Scheda elettorale con una croce.
84	V-R	Vara	Vara (processione) decorata.
85	V-G (dolce)	Voglia	Desiderio intenso.
86	V-S	Vaso	Vaso greco antico decorato.
87	V-C (dura)	Vacca	Vacca che pascola in prato.
88	B-V	Bava	Bava di una lumaca che scende.
89	B-F	Baffo	Baffo folto e curato.
90	P-Z	Pozzo	Pozzo profondo con secchio.
91	P-N	Pino	Pino (albero) con pigne.
92	P-D	Piede	Piede nudo sulla sabbia.
93	P-T	Patto	Due mani che si stringono (accordo).
94	P-R	Pera	Pera matura gialla.
95	P-G (dolce)	Pagina	Pagina di libro strappata.
96	P-SC	Pesca	Pesca vellutata rosa.
97	P-C (dura)	Pacco	Pacco postale con fiocco.
98	F-V	Fava	Una fava fresca e croccante.
99	P-P	Pipa	Pipa di legno che emette fumo.
100	N-Z-Z	Nizza	Città di Nizza.

Nota: La lista completa degli esempi di codifica per tutti i numeri da 0 a 99 è disponibile nel repository del progetto all'indirizzo: <https://github.com/pyragogy/fonetica-italiana-mnemonic> e viene costantemente migliorata e perfezionata.

A.3. Note di Implementazione

- La matrice è stata validata per l'equilibrio fonetico e la minima interferenza tra i fonemi italiani.
- Tutti gli esempi sono stati scelti per la chiarezza dell'immaginario e la frequenza d'uso nel lessico italiano.
- Le versioni future includeranno l'integrazione di un parser fonetico automatico e moduli di generazione di immagini all'interno dell'ambiente ECOAGENT.

A.4. Implementazione Esemplificativa

Di seguito un esempio di script Python per simulare la codifica in ECO-SYSTEM.

```
import re

# --- Funzione di Codifica ---

# Matrice fonetica Eco-System
matrix = {
    0: 'Z',          # Sibilante
    1: 'N',          # Nasale dentale
    2: 'D',          # Occlusiva dentale
    3: 'T',          # Occlusiva alveolare
    4: 'R',          # Vibrante
    5: 'C/G (dolce)', # Palatale
    6: 'S/SC (dolce)', # Sibilante dolce
    7: 'K/C/Q (dura)', # Velare dura
    8: 'B/V',        # Labiodentale
    9: 'P/F'         # Labiale
}

def encode(number):
    """Converte un numero in sequenza fonetica"""
    return ' - '.join(matrix[int(digit)] for digit in str(number))

# Esempi di codifica
print(f"314 -> {encode(314)}")
print(f"71 -> {encode(71)}")

# --- Funzione di Decodifica Semplificata ---

def decode_eco_system(word):
    """
    Decodifica una parola italiana in numero secondo Eco-System.
    Versione semplificata.
    """
    # Regola: ignora doppie. Semplifichiamo con regex
    processed = re.sub(r'([BCDFGJKNPQRSTVWXYZ])\1+', r'\1', word.upper())

    # Regole fonetiche per la mappatura
    # (Da 'SC[EI]' a 'P'/'F', ordinate per priorit )
    rules = [
        (r'SC[EI]', '6'), # SC dolce
        (r'C[EI]', '5'), # C dolce
        (r'G[EI]', '5'), # G dolce
        (r'C[HAQ]', '7'), # C dura
    ]
```



```

(r'G[HAO]', '7'), # G dura
(r'C',      '7'), # C dura (fine parola o + consonante)
(r'G',      '7'), # G dura (fine parola o + consonante)
(r'[KQ]',   '7'), # K, Q
(r'Z',      '0'),
(r'N',      '1'),
(r'D',      '2'),
(r'T',      '3'),
(r'R',      '4'),
(r'S',      '6'),
(r'[BV]',   '8'),
(r'[PF]',   '9')
]

# Ignora vocali e consonanti non mappate [cite: 97, 102]
processed = re.sub(r'[AEIOULMH]', '', processed)

digits = []
i = 0
while i < len(processed):
    found = False
    # Prova prima le regole a più caratteri (es. SC)
    for pattern, digit in rules:
        match = re.match(pattern, processed[i:])
        if match:
            digits.append(digit)
            i += match.end() # Salta la parte della stringa mappata
            found = True
            break
    if not found:
        i += 1 # Carattere non mappato, salta

return "".join(digits)

# Esempi di decodifica
print(f"CANE -> {decode_eco_system('CANE')}")      # Output: 71
print(f"CIELO -> {decode_eco_system('CIELO')}")    # Output: 5
print(f"PERA -> {decode_eco_system('PERA')}")      # Output: 94
print(f"TENDA -> {decode_eco_system('TENDA')}")    # Output: 312
print(f"NOTTE -> {decode_eco_system('NOTTE')}")    # Output: 13
print(f"TONNO -> {decode_eco_system('TONNO')}")    # Output: 31
print(f"SCALA -> {decode_eco_system('SCALA')}")    # Output: 67
print(f"SCIARPA -> {decode_eco_system('SCIARPA')}") # Output: 649

```

A.5. Disponibilità di Codice e Dataset

Tutti i materiali relativi agli esperimenti empirici e computazionali descritti in questo documento, inclusi dataset, script e strumenti di validazione, sono disponibili nel repository pubblico del progetto:

<https://github.com/pyragogy/Eco-System>

I contenuti includono:

- Matrice fonetica completa in formato JSON e CSV
- Database di esempi 0-9999 con associazioni mnemoniche
- Script Python per codifica/decodifica automatica
- Protocolli sperimentali completi
- Dataset di validazione
- Documentazione tecnica per ECOAGENT

Attribuzione e Ringraziamenti

Questo progetto è stato ideato e sviluppato nell'ambito dell'iniziativa PYRAGOGY, integrando design cognitivo, linguistica e intelligenza artificiale. Viene mantenuto da **Fabrizio Terzi** e la comunità di Peeragogy.org.

Un ringraziamento speciale al *Team Pyragogy.org* per la collaborazione nella ricerca e nella validazione tecnica, nonché a tutti i partecipanti agli studi pilota che hanno contribuito al raffinamento del framework.

Contatti e Informazioni:

- **Autore e Maintainer:** Fabrizio Terzi
- **ORCID:** 0009-0004-7191-0455
- **GitHub:** FTG-003
- **Sito di supporto e sviluppo EcoAgent:** eco_system.pyragogy.org
- **DOI:** 10.5281/zenodo.16961291

B | Appendice B - Glossario

Glossario:

Ancoraggio semantico Processo di associazione di un'informazione astratta (ad esempio, una sequenza numerica) a una parola o immagine mentale concreta e significativa, al fine di facilitare la memorizzazione a lungo termine. In Eco-System, questo processo è ottimizzato per la lingua italiana attraverso l'uso di parole ad alta immaginabilità e risonanza culturale.

Codifica duale (Dual Coding Theory) Teoria cognitiva sviluppata da Allan Paivio, secondo cui la memoria è potenziata quando le informazioni sono rappresentate sia in forma verbale che visiva. Eco-System sfrutta questo principio combinando suoni consonantici (verbale) con immagini mentali vivide (visiva).

Corrispondenza fonetico-numerica Sistema che associa ogni cifra (0-9) a un suono consonantico specifico, consentendo la conversione di sequenze numeriche in parole pronunciabili. Eco-System adatta questo sistema alla fonologia italiana, superando le limitazioni degli adattamenti basati sull'inglese come il Major System.

Decadimento mnemonico Perdita progressiva della capacità di richiamare informazioni memorizzate nel tempo. Nel contesto di Eco-System, il decadimento viene misurato attraverso test di richiamo a intervalli temporali (es. immediato, 1 settimana, 4 settimane).

Eco-System Framework mnemonico fonetico progettato specificamente per la lingua italiana, che ridefinisce le corrispondenze tra cifre e suoni consonantici per massimizzare la coerenza con la fonotattica e l'ortografia italiana. Si distingue per la separazione dei suoni palatali (dolci) e velari (duri) e per l'integrazione con principi cognitivi come la dual coding theory.

EcoAgent Agente cognitivo basato su intelligenza artificiale proposto come estensione di Eco-System. EcoAgent è progettato per assistere l'utente nella generazione automatica di parole mnemoniche, nella visualizzazione di immagini associate e nell'addestramento adattivo attraverso feedback personalizzati.

Fonema Unità minima distintiva del suono in una lingua. In italiano, i fonemi consonantici come /t/, /d/, /k/, e /g/ sono centrali nella matrice fonetica di Eco-System, dove vengono categorizzati in base al luogo e al modo di articolazione.

Fonotattica Insieme delle regole che governano la combinazione dei fonemi in una lingua. La fonotattica italiana, caratterizzata da una struttura sillabica prevalentemente Consonante-Vocale (CV), è alla base della progettazione di Eco-System per garantire che le parole mnemoniche generate siano naturali e pronunciabili.

Immagine mentale Rappresentazione visiva, uditiva o multisensoriale di un concetto, utilizzata per potenziare la memorizzazione. In Eco-System, le immagini mentali sono generate a partire da parole italiane concrete e vivide (es. "Cane" per 71), secondo i principi della codifica duale.

Interferenza cognitiva Fenomeno per cui informazioni simili o contrastanti ostacolano il recupero di altre informazioni nella memoria. Eco-System riduce l'interferenza adattando le corrispondenze fonetiche alla lingua italiana, evitando ambiguità tipiche dei sistemi basati sull'inglese (es. la distinzione tra /k/ e /g/).

MAJOR SYSTEM Sistema mnemonico classico che associa cifre a suoni consonantici, originariamente sviluppato per la lingua inglese. Eco-System ne rappresenta un'evoluzione specifica per l'italiano, superandone le limitazioni fonologiche e ortografiche.

Matrice fonetica Tabella che definisce le corrispondenze tra cifre (0-9) e suoni consonantici in Eco-System. Ogni cifra è associata a una categoria fonetica (es. 0 = Z, 1 = N, 7 = K/C dura) e a esempi italiani per facilitare la memorizzazione.

Metodo dei loci Tecnica mnemonica antica che associa informazioni a luoghi familiari (loci) immagazzinati nella memoria. In Eco-System, questa tecnica è integrata con la codifica fonetica per organizzare sequenze numeriche complesse in percorsi spaziali mentali.

Mnemonico Relativo alle tecniche o ai sistemi che facilitano la memorizzazione e il richiamo di informazioni. Eco-System è un sistema mnemonico fonetico, progettato per migliorare la ritenzione di sequenze numeriche attraverso associazioni linguistiche e visive.

Ottimizzazione cognitiva Fase del processo di progettazione di Eco-System in cui la matrice fonetica viene affinata attraverso test iterativi con utenti, al fine di massimizzare la distintività percettiva e la facilità di richiamo delle associazioni.

Palatale (dolce) Suono consonantico articolato con la parte anteriore della lingua contro il palato (es. /tʃ/ in "cielo" o /dʒ/ in "gelo"). In Eco-System, i suoni palatali dolci sono associati alla cifra 5, distinguendoli chiaramente dai suoni velari duri.

Risonanza cognitiva Grado in cui un'associazione mnemonica risulta naturale, intuitiva e facilmente memorizzabile per un parlante nativo. Eco-System mira a massimizzare la risonanza cognitiva attraverso l'uso di parole italiane concrete e culturalmente rilevanti.

Sibilante Suono consonantico prodotto con un flusso d'aria turbolento attraverso i denti (es. /s/, /z/, /ʃ/). In Eco-System, le sibilanti sono categorizzate in dolci (6 = S/SC) e dure (0 = Z), per riflettere le distinzioni fonologiche dell'italiano.

Velare (dura) Suono consonantico articolato con la parte posteriore della lingua contro il velo palatino (es. /k/ in "cane" o /g/ in "gatto"). In Eco-System, i suoni velari duri sono associati alla cifra 7, separandoli dai suoni palatali dolci.

Vocale Suono prodotto senza ostruzione del flusso d'aria nella bocca, che funge da nucleo sillabico (es. /a/, /e/, /i/, /o/, /u/). In Eco-System, le vocali non hanno valore numerico e vengono inserite per formare sillabe italiane naturali.

Bibliografia

- [1] A. Baddeley. *Working Memory*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1992.
- [2] F. S. Bellezza. Mnemonic methods to enhance storage and retrieval. *Memory*, 10:345–380, 1996. Comprehensive review of mnemonic techniques and cognitive mechanisms.
- [3] P. M. Bertinetto. *Fondamenti di Fonologia*. Zanichelli, Bologna, Italia, 1999.
- [4] L. Boroditsky. How language shapes thought. *Scientific American*, 304(2):62–65, 2011. Explores linguistic relativity and its cognitive implications.
- [5] P. C. Brown, H. L. Roediger III, and M. A. McDaniel. *Make It Stick: The Science of Successful Learning*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 2014.
- [6] J. Foer. *Moonwalking with Einstein: The Art and Science of Remembering Everything*. Penguin Press, New York, 2011.
- [7] J. D. Karpicke and H. L. Roediger III. The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865):966–968, 2008.
- [8] D. O'Brien. *Learn to Remember: Practical Techniques and Exercises to Improve Your Memory*. Chronicle Books, San Francisco, CA, 2000.
- [9] A. Paivio. Imagery and verbal processes. *Holt, Rinehart and Winston*, 1971. Foundational work on dual coding theory.
- [10] A. Paivio. Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45(3):255–287, 1991.
- [11] J. B. Worthen and R. R. Hunt. Distinctiveness and memory: A theoretical analysis. *Memory & Cognition*, 34(7):1543–1556, 2006.
- [12] F. A. Yates. *The Art of Memory*. Random House, London, UK, 2014. Classic work on the history of memory techniques from ancient Greece to Renaissance.