



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica
A.a. 2025/2026

Giochi di intrattenimento per la risoluzione di problemi complessi

Implementazione di elementi di game design per favorire
l'acquisizione di conoscenze e competenze

Relatori:

Prof. Andrea Bottino
Prof. Carlo Fabricatore

Candidato:

Giulio Arecco

Sommario

Il presente lavoro di tesi si propone di progettare, sviluppare e valutare un *serious game* finalizzato all'allenamento delle competenze di *Complex Problem Solving*. Poiché gli ambienti di apprendimento formale faticano a simulare la complessità del mondo reale, la ricerca esplora il potenziale formativo del medium videoludico applicando il framework metodologico CPS-GFC (Gyaurov, Fabricatore e Bottino, 2025). L'artefatto digitale sviluppato consiste in un'avventura narrativa testuale in cui il giocatore impersona un soldato isolato in un territorio ostile. Il *game design* impiega specifiche strategie di gestione dell'informazione (IMS) per modulare l'incertezza, celando o rivelando dati cruciali al fine di innescare specifici processi cognitivi. All'interno di tale ecosistema intrinsecamente «mal definito», l'utente è chiamato a formulare ipotesi, gestire l'esposizione al rischio e affrontare dilemmi etici, bilanciando continuamente la propria bussola morale e l'ottimizzazione razionale delle risorse. Dal punto di vista tecnico, il prototipo è stato sviluppato in Unity con l'integrazione del linguaggio di *scripting* Ink, al fine di garantire la gestione di complesse ramificazioni narrative, parallelamente ad un tracciamento telemetrico silente. Per valutare l'efficacia formativa dell'esperienza, è stato condotto uno studio esplorativo su un campione di 27 partecipanti. L'impianto metodologico ha incrociato i dati oggettivi dalla telemetria di gioco con le percezioni soggettive misurate tramite questionari pre-test e post-test. I risultati dell'analisi qualitativa e quantitativa evidenziano un elevato grado di coinvolgimento e suggeriscono in modo statisticamente significativo l'attivazione di dinamiche di apprendimento prospettico. Esposti all'incertezza, i giocatori hanno infatti dimostrato di saper interiorizzare le regole opache del sistema, trasferendo efficacemente i modelli mentali acquisiti per superare sfide inedite. Inoltre, il potere immersivo della narrazione sembra aver favorito una solida interiorizzazione dell'*agency*, spingendo gli utenti ad assumersi la piena responsabilità delle conseguenze irreversibili dettate dalle proprie scelte. In conclusione, questo studio raccoglie evidenze empiriche incoraggianti a supporto dell'efficacia del framework CPS-GFC. I dati suggeriscono che l'utilizzo strategico dell'incertezza, tipico dei titoli di intrattenimento, rappresenti una via promettente per architettare *serious games* capaci di allenare competenze cognitive complesse, senza dover sacrificare il coinvolgimento ludico in favore della didattica esplicita.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il mio relatore, il Prof. Andrea Bottino, per il supporto e la guida forniti durante l'intero percorso di tesi.

Un ringraziamento va anche al Prof. Carlo Fabricatore, per la supervisione e i consigli metodologici che hanno accompagnato la progettazione e lo sviluppo di questo lavoro.

Ringrazio inoltre i 27 playtester che hanno partecipato alla fase di validazione: il tempo dedicato alle sessioni di gioco e la compilazione dei questionari sono stati essenziali per la raccolta dei dati e il completamento di questa ricerca.

Indice

Elenco delle tabelle	IX
Elenco delle figure	X
Glossario	XII
1 Introduzione	1
1.1 Contesto: il Complex Problem Solving e la sfida educativa	1
1.2 Problema di ricerca	2
1.3 Obiettivo della tesi	3
1.4 Metodologia: il framework CPS-GFC	4
1.5 Caso di studio	5
1.6 Strategia di validazione	6
1.7 Struttura dell'elaborato	7
2 Stato dell'Arte	9
2.1 Il Complex Problem Solving	9
2.2 I meccanismi cognitivi e motivazionali dell'apprendimento ludico . .	11
2.3 Il framework metodologico: IMS e CPS-GFC	13
2.3.1 Information Management Strategies (IMS)	14
2.3.2 Complex Problem Solving - Game Feature Configurations (CPS-GFC)	15
2.4 Analisi di titoli commerciali	17
2.4.1 This War of Mine (11 bit studios, 2014)	17
2.4.2 Papers, Please (Lucas Pope, 2013)	20
2.4.3 Frostpunk (11 bit studios, 2018)	22
3 Design e Implementazione	25
3.1 Visione di gioco e concept iniziale	25
3.1.1 Ambientazione e incertezza sistemica	26
3.1.2 Decostruzione del «nemico» e politelia	26

3.1.3	Core Loop	27
3.2	Traduzione del framework CPS-GFC in meccaniche di gioco	28
3.2.1	Persistenza del mondo	30
3.2.2	Strutturazione del rischio e degli obiettivi	30
3.2.3	Complessità ambientale	31
3.2.4	Complessità sociale e apprendimento prospettico	31
3.3	Narrative design e strutturazione dell'esperienza	32
3.3.1	Il tema centrale della storia	32
3.3.2	L'intreccio come sequenza di <i>problem spaces</i>	33
3.3.3	La gestione del fallimento: eventi di collasso e assenza di <i>game over</i>	34
3.3.4	Analisi delle situazioni di gioco	35
3.4	Architettura software e ingegneria del sistema	47
3.4.1	La scelta degli strumenti: Unity e Ink	48
3.4.2	Paradigmi di sviluppo	49
3.4.3	L'integrazione di Ink in Unity	50
3.4.4	Tracciamento comportamentale e telemetria per la validazio- ne del CPS	52
3.5	Interfaccia utente come strumento cognitivo e gestione del feedback	53
3.5.1	L'interfaccia come «ambiente logico» e memoria esterna . . .	53
3.5.2	Modulazione dell'incertezza: feedback esplicito e implicito .	54
3.5.3	Ingegnierizzazione dell'interfaccia	54
4	Valutazione sperimentale e analisi dei risultati	56
4.1	Metodologia e strumenti di misurazione	56
4.2	Profilazione del campione	58
4.2.1	Dati demografici e profilo videoludico	58
4.2.2	Baseline attitudinale	61
4.3	Valutazione dell'esperienza e analisi telemetrica	63
4.3.1	Coinvolgimento, immersione e percezione dell' <i>agency</i>	63
4.3.2	Comportamento sistemico e gestione delle risorse	64
4.3.3	Dilemmi morali	65
4.4	Analisi inferenziale e risoluzione delle Research Questions	68
4.4.1	RQ1: Percezione, ipotesi e feedback	68
4.4.2	RQ2: Apprendimento prospettico	69
4.4.3	RQ3: Coinvolgimento e responsabilità	70
4.4.4	RQ4: Ragionamento sistemico	71
4.4.5	RQ5: Obiettivi conflittuali	72
4.5	Limiti dello studio	72

5	Conclusioni e Sviluppi futuri	75
5.1	Conclusioni	75
5.2	Sviluppi futuri	76
A	Strumenti di indagine e valutazione	79
A.1	Questionario Pre-Test	79
A.2	Questionario Post-Test	80
	Bibliografia	83

Elenco delle tabelle

2.1	Mappatura delle meccaniche di <i>This War of Mine</i> sulle linee guida CPS-GFC.	19
2.2	Mappatura delle meccaniche di <i>Papers, Please</i> sulle linee guida CPS-GFC.	21
2.3	Mappatura delle meccaniche di <i>Frostpunk</i> sulle linee guida CPS-GFC.	23
3.1	Mappatura tra le linee guida CPS-GFC e le meccaniche del <i>serious game</i>	29
4.1	Baseline attitudinale del campione	61

Elenco delle figure

2.1	Interfaccia di gioco di <i>This War of Mine</i> durante la fase diurna all'interno del rifugio.	18
2.2	Interfaccia di gioco di <i>This War of Mine</i> per la creazione di oggetti usando un banco da lavoro semplice, nelle prime fasi dell'esperienza.	18
2.3	Interfaccia di gioco di <i>Papers, Please</i> durante la fase di accettazione o rifiuto di un viaggiatore.	20
2.4	Interfaccia di gioco di <i>Frostpunk</i> durante la visione panoramica della città.	22
4.1	Profilazione demografica e videoludica del campione	60
4.2	Boxplot dei risultati della profilazione attitudinale	62
4.3	Boxplot delle risposte ai primi 5 item del questionario post-test	64
4.4	Impatto della pianificazione sulle performance di sopravvivenza	66
4.5	Conseguenze sistemiche dell'approccio esplorativo	67
4.6	Impatto di una scelta morale preliminare su un dilemma nella fase finale dell'esperienza	67

Glossario

API

Application Programming Interface

CPS-GFC

Complex Problem Solving - Game Feature Configurations [1]

HUD

Heads-Up Display

IMS

Information Management Strategies [1]

IQR

Interquartile Range

NPC

Non-Player Character

PE

Player Engagement

RQ

Research Question

UI

User Interface

UX

User Experience

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Contesto: il Complex Problem Solving e la sfida educativa

Nello scenario contemporaneo la capacità di affrontare situazioni incerte e dinamiche è diventata una competenza trasversale imprescindibile. La letteratura scientifica identifica questa abilità come Complex Problem Solving (CPS), definendola rigorosamente come «una collezione di processi psicologici autoregolati e attività necessarie in ambienti dinamici per raggiungere obiettivi mal definiti che non possono essere raggiunti da azioni di routine» [2]. Come sostenuto da Herbert A. Simon nell'opera *Models of Man: Social and Rational (1957)*, citato da Mainzer (2009) [3], il CPS rappresenta una delle competenze più critiche richieste per il futuro, dal momento che «la capacità della mente umana di formulare e risolvere problemi complessi è molto piccola rispetto alla dimensione del problema la cui soluzione è richiesta».

A differenza dei problemi «ben definiti», che possiedono «un chiaro set di mezzi per raggiungere uno stato obiettivo descritto con precisione» [2], i problemi complessi sono intrinsecamente «mal definiti». Dörner e Funke [2], sistematizzando gli studi precedenti del settore, delineano cinque attributi tipici che distinguono un sistema complesso:

- **Complessità:** il «mero numero di variabili coinvolte»;
- **Connettività:** le variabili presentano «dipendenze mutue», per cui un cambiamento in una parte del sistema influenza le altre;
- **Dinamicità:** la situazione riflette «il ruolo del tempo e degli sviluppi all'interno di un sistema», che può cambiare anche senza l'intervento del solutore;

- **Intrasparenza:** vi è una mancanza di chiarezza, parziale o totale, «riguardo alle variabili coinvolte e ai loro valori attuali»;
- **Politelia:** la presenza di «molti obiettivi», che spesso rappresentano conflitti a diversi livelli di analisi.

Queste caratteristiche richiedono al solutore non solo di applicare conoscenze pregresse, ma di acquisire nuove informazioni attraverso l'interazione diretta con il sistema. La natura dinamica e intrasparente di tali problemi rende difficile «sviluppare capacità cognitive di CPS in ambienti di apprendimento formale», come evidenziato da Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1]. È in questo contesto che le tecnologie digitali, e in particolare i sistemi simulati e i giochi, emergono come strumenti promettenti per la ricerca e la formazione sul CPS: essi, infatti, sono in grado di creare scenari interattivi complessi capaci di esporre l'utente a variabili interconnesse e reazioni impreviste in un ambiente controllato.

1.2 Problema di ricerca

Se gli ambienti digitali offrono lo spazio ideale per simulare la complessità, il nucleo della sfida cognitiva per l'utente risiede nella gestione dell'incertezza. Per risolvere un problema complesso, l'individuo non può affidarsi ad algoritmi predefiniti o alla sola routine, ma deve impegnarsi in un processo continuo di acquisizione e applicazione di conoscenza finalizzata ad un obiettivo specifico (*knowledge acquisition* e *goal-oriented knowledge application*) [4]. Tale processo richiede di colmare il divario tra lo stato attuale intrasparente e l'obiettivo desiderato attraverso «la generazione di nuove informazioni, la riduzione di dati irrilevanti, la costruzione di un modello mentale in grado di far fronte all'interconnessione delle variabili, l'attivazione di un processo decisionale dinamico e una fase di valutazione» [4].

Affinché l'individuo sia spinto a innescare e sostenere autonomamente tali processi cognitivi, è essenziale che l'ambiente interattivo fornisca un significato profondo alle sue azioni, andando oltre la mera esposizione a un problema dalla difficile soluzione. La letteratura suggerisce infatti che l'efficacia dei giochi d'intrattenimento nel promuovere il CPS risiede nella loro capacità di immergere il giocatore in cicli di *meaning-making* (creazione di senso). Come sottolineato da Fabricatore (2018) [5], «Se accettiamo che i giochi possano essere considerati dei sistemi, allora dovremmo anche considerare i giocatori come “pensatori sistemici” che giocano dando un senso alle cose, interpretando consciamente e inconsciamente i significati e stabilendo relazioni per comprendere ciò che è accaduto in passato, ciò che sta accadendo nel presente e prevedere ciò che potrebbe accadere in futuro». Questa comprensione sistemica delle meccaniche e del contesto non è solo un requisito funzionale, ma costituisce la fonte primaria della motivazione intrinseca dell'utente [5].

La necessità di scatenare e supportare questa motivazione conduce al cuore del problema di ricerca: l'adozione di giochi appositamente progettati per l'educazione ha spesso fallito nel promuovere il CPS, a causa di un design incapace di bilanciare il coinvolgimento del giocatore con l'alta richiesta cognitiva del gioco [1, 6]. Al contrario, i giochi di intrattenimento eccellono nell'impegnare i giocatori in esperienze altamente motivanti che favoriscono il *gameplay learning*, un apprendimento «intrinsecamente motivato dagli obiettivi, dalle contestualizzazioni e dalle meccaniche» [1, 7, 8]. Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1] suggeriscono che una possibile soluzione per colmare il divario tra *educational* ed *entertainment games* risieda nello sfruttare il potenziale, ancora inesplorato, derivante dall'applicazione ai *serious games* di specifiche linee guida di design concepite originariamente per o derivate da titoli di intrattenimento.

Risolvere questo problema di ricerca richiede dunque il superamento di un ostacolo progettuale: la difficoltà di tradurre teorie cognitive in esperienze di gioco interattive, operazionalizzando i complessi processi psicologici e decisionali legati al CPS all'interno di meccaniche ludiche concrete [1]. L'interrogativo che guida questo lavoro è pertanto come le *gameplay features* debbano essere strutturate al fine di modulare intenzionalmente l'incertezza, costringendo il giocatore a gestire informazioni incomplete in un ambiente intrinsecamente motivante.

1.3 Obiettivo della tesi

Per rispondere all'interrogativo di ricerca delineato, il presente lavoro si configura come uno studio esplorativo il cui obiettivo principale consiste nella progettazione e nello sviluppo di un *serious game* specificamente finalizzato all'allenamento delle competenze di CPS. Nello specifico, l'artefatto sviluppato si configura come un'avventura narrativa testuale basata su meccaniche «punta e clicca». Questo genere ludico è stato scelto in virtù della sua naturale propensione a porre il solutore di fronte a complessi alberi decisionali governati da relazioni sistemiche e conseguenze a lungo termine, costringendolo a bilanciare priorità e obiettivi conflittuali (politelia).

Il progetto si prefigge di superare i limiti riscontrati nei tradizionali ambienti di apprendimento, creando uno spazio interattivo in cui il giocatore è costantemente esposto a situazioni intrinsecamente «mal definite» e caratterizzate da informazioni incomplete. L'intento fondante della tesi non si esaurisce, tuttavia, nella creazione di un ostacolo ludico di difficile risoluzione. Al contrario, l'obiettivo centrale è implementare specifici elementi di game design progettati per modulare intenzionalmente l'incertezza e la disponibilità di informazioni all'interno dell'ambiente di gioco.

Attraverso questa manipolazione strategica, il *serious game* mira a strutturare un'esperienza che costringa l'utente a non subire passivamente gli eventi, ma a gestire proattivamente l'incertezza ambientale e narrativa. L'obiettivo ultimo è far sì che la risoluzione delle sfide ludiche richieda l'innesco sequenziale dei processi cognitivi tipici della gestione dell'incertezza nel CPS: la percezione di un ambiente intrasparente, la costante formulazione di ipotesi per colmare i vuoti informativi, la selezione della strategia ritenuta più adeguata e, infine, il test sul campo delle proprie deduzioni. In questo modo, l'elaborato intende esplorare come l'incertezza possa cessare di essere un fattore generatore di sola frustrazione, valutando se e in che misura possa trasformarsi nel motore principale del *gameplay learning* e del coinvolgimento del giocatore.

1.4 Metodologia: il framework CPS-GFC

Per operationalizzare l'obiettivo delineato e tradurre la necessità di modulare l'incertezza in meccaniche ludiche concrete, il design dell'artefatto si basa rigorosamente sull'impianto metodologico proposto da Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1]. Questo studio fornisce un costrutto teorico e pratico mirato a identificare come specifiche caratteristiche dei giochi d'intrattenimento possano promuovere contemporaneamente il coinvolgimento del giocatore e lo sviluppo di abilità cognitive legate al CPS. Il fondamento progettuale della presente tesi si poggia, in particolare, sull'applicazione delle dieci linee guida denominate CPS-GFC (*Complex Problem Solving - Game Feature Configurations*), delineate dagli autori per supportare lo sviluppo e la valutazione di ambienti di gioco complessi.

Il cuore pulsante di queste linee guida risiede nell'implementazione sistematica delle cosiddette *Information Management Strategies* (IMS) [1]. Tali strategie forniscono al game designer un modello formale progettato per «aumentare o diminuire l'incertezza del giocatore rivelando o nascondendo informazioni relative ai quattro aspetti chiave di un fenomeno incerto, ovvero: presenza, cause, effetti e regole» [1].

Nello specifico, le IMS definiscono due approcci complementari. Quando il design occulta strategicamente le informazioni (aumentando l'incertezza), il giocatore è attivamente chiamato a supplire a tale mancanza cognitiva. Questo costringe l'utente a innescare i sotto-processi fondamentali della gestione dell'incertezza nel CPS: la percezione del problema, la formulazione di ipotesi, la selezione della strategia migliore e il test sul campo delle proprie deduzioni. Viceversa, quando il gioco rivela strategicamente informazioni, esso fornisce il supporto necessario affinché il giocatore possa validare le proprie intuizioni. Alternando intenzionalmente queste fasi di occultamento e rivelazione, le linee guida CPS-GFC permettono di bilanciare

il carico cognitivo richiesto con un'adeguata gratificazione, mantenendo intatto il coinvolgimento dell'utente.

Il presente lavoro di tesi pone questo framework a fondamento metodologico dell'intero processo di sviluppo. Le dieci configurazioni operative CPS-GFC fungono da architettura per strutturare i bivi decisionali e le situazioni complesse dell'avventura. In questo modo, ogni interazione, dialogo o meccanica di gestione delle risorse all'interno dell'ambiente narrativo viene rigorosamente mappata su specifiche strategie di gestione dell'informazione. Questo rigore metodologico garantisce che l'intera architettura dell'esperienza ludica sia finalizzata e validata rispetto allo scopo di allenare il giocatore a risolvere problemi complessi.

1.5 Caso di studio

L'architettura ludica e metodologica descritta trova la sua concretizzazione nello sviluppo di un prototipo interattivo, dal titolo provvisorio *Oltre Il Confine*. L'artefatto cala il giocatore in un'ambientazione ostile e moralmente grigia: il protagonista è un soldato che, sopravvissuto a una schiacciante sconfitta, si ritrova disperso e isolato oltre le linee nemiche. L'obiettivo a lungo termine del viaggio è il ritorno in patria, un pretesto narrativo che funge da contenitore per una serie di sfide sistemiche interconnesse.

Dal punto di vista tematico e del *gameplay*, il nucleo dell'esperienza ruota attorno alla gestione di risorse scarse (come cibo, equipaggiamento medico e strumenti), alla sopravvivenza in un ambiente letale e alla necessità di compiere scelte morali in condizioni di profonda incertezza. Il tema centrale della narrazione è la decostruzione della distanza psicologica tra il protagonista e «il nemico», tra «noi» e «loro». Questa indagine tematica viene esplorata in prima istanza attraverso l'interazione con due figure chiave: Elias, un disertore dell'esercito nemico, e Lira, una spia appartenente alla fazione del protagonista, ma opportunistica e ambigua. Tuttavia, tale decostruzione non si esaurisce nella sola presenza di questi compagni: anche qualora il giocatore scelga un percorso di totale isolamento, privandosi del loro supporto, il gioco continua a sfidare il concetto di «nemico» attraverso le conseguenze a lungo termine delle scelte morali compiute e l'esplorazione di specifiche sezioni narrative. In questi frangenti, il design dimostra come la brutalità della guerra e la sofferenza condivisa possano sbiadire i confini ideologici tra le fazioni.

Questi elementi narrativi non fungono semplicemente da sfondo, ma costituiscono la traduzione pratica del CPS all'interno del gioco. Gli attori coinvolti, con i loro interessi spesso in antitesi, generano una condizione di politelia: il solutore è costantemente costretto a bilanciare la propria sopravvivenza, la sicurezza dell'eventuale gruppo e la propria bussola morale. In questo scenario, le interazioni sociali e

ambientali implementano direttamente le linee guida CPS-GFC. Ad esempio, Elias, Lira e molti degli NPC incontrati incarnano la direttiva *Unpredictable Characters*: il design occulta strategicamente le reali cause o gli effetti a lungo termine dei loro comportamenti, costringendo il giocatore a formulare e testare ipotesi sulle loro vere intenzioni. Similmente, l'esplorazione ambientale è governata dalla linea guida *Risk-Reward*, imponendo di valutare se il recupero di una risorsa vitale valga l'esposizione a eventi inaspettati (es. l'incontro con pattuglie nemiche o l'attraversamento di macerie pericolanti).

Dal punto di vista tecnico, lo sviluppo del *serious game* si avvale del motore grafico Unity, integrato con il linguaggio di scripting narrativo Ink. Questa dotazione software risulta particolarmente funzionale a due scopi fondamentali della tesi. In primo luogo, Ink è progettato specificamente per gestire con agilità complesse strutture narrative ramificate, caratteristica essenziale per simulare gli alberi decisionali e le conseguenze a cascata tipiche dei problemi complessi. In secondo luogo, l'architettura ibrida basata su C# permette un tracciamento granulare e silente delle metriche di gioco a *runtime*. Questa infrastruttura di telemetria costituisce una base oggettiva fondamentale per la fase di valutazione e analisi dei dati raccolti in fase di testing.

Grazie a questa sinergia tecnico-narrativa, l'intera avventura è stata frammentata e organizzata in una serie di sei scenari ludico-narrativi consequenziali, a loro volta suddivisi in varie sotto-situazioni (nodi) ramificate le cui interconnessioni dipendono dalle scelte del giocatore. Ogni scenario rappresenta un ecosistema interattivo in cui specifiche IMS manipolano intenzionalmente le informazioni disponibili. Le scelte compiute all'interno di un nodo si ripercuotono organicamente sui successivi secondo la direttiva *Persistent Game World*, garantendo che il giocatore sperimenti tangibilmente il peso delle proprie decisioni all'interno di un sistema dinamico e reattivo.

1.6 Strategia di validazione

Per indagare le potenzialità dell'architettura ludica proposta, il presente lavoro di tesi prevede una fase di valutazione esplorativa basata su un approccio misto, che affianca le tradizionali sessioni di playtesting alla raccolta silente di metriche oggettive tracciate a *runtime* dal sistema. In linea con gli obiettivi della ricerca, la strategia di valutazione non si concentra unicamente sul successo o sul fallimento del giocatore nel superare le sfide proposte, ma mira a indagare due dimensioni fondamentali e complementari dell'esperienza utente.

La prima dimensione riguarda il livello di coinvolgimento del giocatore, che abbiamo già discusso essere una condizione essenziale affinché si inneschi il *gameplay learning* (Sezione 1.2). La validazione intende accertare se l'esposizione costante a

condizioni di ambiguità generi un sovraccarico cognitivo frustrante o se, al contrario, l'applicazione delle linee guida CPS-GFC riesca a mantenere alta la motivazione, trasformando la complessità in una sfida stimolante.

La seconda dimensione indaga la percezione delle *affordances* cognitive, ovvero la capacità delle IMS di offrire agli utenti chiare opportunità e stimoli per attivare i propri processi mentali. Nello specifico, la valutazione è progettata per verificare se il design del gioco abbia effettivamente trasmesso ai partecipanti la necessità di mettere in atto specifiche strategie di CPS. L'obiettivo è misurare la propensione dei giocatori a impegnarsi nei sotto-processi di gestione dell'incertezza, accertando se l'occultamento o la rivelazione strategica delle informazioni li abbia spinti proattivamente verso le fasi di percezione del problema, formulazione di ipotesi, selezione della strategia e test sul campo.

Per indagare in modo rigoroso queste due dimensioni, l'impianto analitico è strutturato per operare su due livelli sinergici: la ricostruzione dell'esperienza globale dell'utente e la valutazione comparativa delle singole situazioni ludico-narrative. La combinazione dei feedback soggettivi del playtesting (utili a misurare il coinvolgimento e lo sforzo cognitivo percepito) con le suddette metriche comportamentali oggettive (scelte narrative, percorsi intrapresi e gestione delle risorse) permette di isolare e confrontare l'efficacia delle diverse scelte di design. Questa convergenza di dati qualitativi e quantitativi costituisce la base per raccogliere evidenze preliminari e valutare in che misura le diverse configurazioni dell'incertezza, applicate nei vari nodi dell'avventura, supportino l'allenamento delle abilità legate al CPS.

1.7 Struttura dell'elaborato

Il presente lavoro di tesi è strutturato in un percorso logico che procede dalla rassegna teorica allo sviluppo pratico del progetto, concludendosi con l'analisi empirica dei risultati. L'elaborato è organizzato come segue:

- **Capitolo 2 – Stato dell'Arte:** definisce il quadro teorico di riferimento, approfondendo la natura del Complex Problem Solving e le dinamiche di *meaning-making*. Propone un'analisi di titoli commerciali per evidenziare l'uso del CPS nei giochi di intrattenimento ed esplora l'impianto metodologico di Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1], definendo le *Information Management Strategies* (IMS) e le linee guida CPS-GFC.
- **Capitolo 3 – Design e Implementazione:** illustra il game design e l'implementazione tecnica del prototipo. Analizza la traduzione della teoria in meccaniche ludiche e descrive l'architettura software impiegata per strutturare i bivi narrativi e modulare l'incertezza.

- **Capitolo 4 – Sperimentazione e Risultati:** presenta la metodologia di validazione empirica. Delinea il protocollo di playtesting, l'uso congiunto di metriche a *runtime* e feedback soggettivi, e discute l'analisi quali-quantitativa dei dati raccolti.
- **Capitolo 5 – Conclusione e Sviluppi Futuri:** traccia un bilancio del progetto rispetto agli obiettivi iniziali, analizza criticamente le limitazioni emerse e suggerisce possibili direzioni per future ricerche sull'impiego dei videogiochi come palestre cognitive.

Capitolo 2

Stato dell'Arte

Il presente capitolo delinea le fondamenta teoriche e metodologiche su cui si erge la progettazione dell'artefatto ludico. Piuttosto che proporre un'ulteriore rassegna sistematica della letteratura relativa al potenziale educativo dei videogiochi di intrattenimento, compito già rigorosamente assolto dallo studio di Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1], questo lavoro assume tale ricerca come proprio baricentro metodologico, evitandone la riproposizione.

La trattazione si focalizza pertanto sui costrutti psicologici e di game design strettamente necessari alla comprensione del progetto. Nelle sezioni seguenti verranno dapprima analizzati i meccanismi cognitivi alla base del CPS e le dinamiche motivazionali dell'apprendimento ludico. Successivamente, verrà illustrato nel dettaglio il framework metodologico CPS-GFC [1], definendo le linee guida e le strategie di gestione dell'informazione (IMS) che costituiscono la matrice primaria di questa tesi. Infine, l'impianto teorico così delineato verrà impiegato come strumento analitico per esaminare una selezione di titoli commerciali, dimostrando come le configurazioni operative proposte trovino già un'efficace applicazione nell'industria dell'intrattenimento.

2.1 Il Complex Problem Solving

Come introdotto nel Capitolo 1, la natura del Complex Problem Solving (CPS) si discosta radicalmente dalla risoluzione di problemi tradizionali. La transizione da scenari «ben definiti» ad ambienti intrinsecamente «mal definiti» e intrasparenti non comporta un semplice aumento della difficoltà matematica o logica, ma impone un profondo cambio di paradigma cognitivo. Come argomentato da Dörner e Funke (2017) [2], affrontare un sistema complesso impone di superare il mero *reasoning* (il ragionamento logico-deduttivo basato su evidenze certe) per abbracciare il *thinking* (il pensiero divergente). In situazioni in cui solo una minima parte delle informazioni

necessarie è disponibile, il solutore deve sviluppare un «senso di possibilità», ovvero la capacità di formulare mentalmente una realtà ignota, colmando i vuoti informativi attraverso deduzioni intelligenti senza ricadere in estrapolazioni infondate [2].

Per formalizzare i meccanismi interni a questo sforzo cognitivo, il processo di risoluzione si articola in fasi di acquisizione e applicazione della conoscenza (già introdotte nella Sezione 1.2). In un ambiente opaco, il solutore non possiede inizialmente le regole che governano il sistema. Pertanto, la fase di acquisizione richiede un'intensa attività esplorativa per identificare la struttura logica del problema, culminando nella costruzione di un modello mentale. Tuttavia, come sottolineato da Funke (2012) riprendendo gli studi pionieristici di Dörner (1986), questa fase non consiste nella raccolta indiscriminata di dati, ma impone una rigorosa e continua «riduzione di dati irrilevanti» [4]. I limiti strutturali della memoria di lavoro umana, infatti, rendono impossibile processare cognitivamente l'intera mole di variabili di un sistema altamente interconnesso. Il solutore efficiente deve quindi attuare una selezione strategica delle informazioni, imparando a isolare i segnali cruciali dal «rumore di fondo» generato dalla complessità ambientale.

Una volta costruito un modello mentale, per quanto imperfetto o parziale, subentra la fase di applicazione, in cui l'individuo tenta di attivare un «processo decisionale dinamico» per guidare il sistema verso lo stato desiderato [4]. È in questo frangente che l'intrasparenza e la dinamicità generano il massimo stress sulle funzioni esecutive. Poiché il sistema evolve nel tempo e reagisce agli input ricevuti, le azioni del solutore alterano inevitabilmente l'ambiente, rendendo rapidamente obsoleta la conoscenza appena acquisita. Dörner e Funke (2017) identificano nel fallimento della gestione di questo stress la cosiddetta «reazione di emergenza del sistema intellettuale» [2]. Sotto la pressione della complessità, i solutori inesperti tendono a mostrare un netto deterioramento delle performance: «riducono il loro livello intellettuale diminuendo l'autoriflessione [...], mostrano una tendenza all'azione rapida con una maggiore propensione al rischio [...] e degenerano la formulazione di ipotesi, costruendo ipotesi più globali e riducendone i test sul campo» [2].

Ad aggravare questo quadro di potenziale sovraccarico interviene la *politelia*, ovvero la presenza di molteplici obiettivi spesso in diretto conflitto tra loro. In scenari reali, ottimizzare una variabile significa sovente comprometterne un'altra, generando dilemmi decisionali che non sono esclusivamente logici o matematici, ma profondamente strategici ed etici. Questo ostacolo impedisce l'applicazione di singole euristiche lineari, come la strategia *VOTAT* (*Vary One Thing At a Time*), utile solo per problemi semplici e isolati, obbligando invece l'individuo ad accettare un costante compromesso sistemico [2].

Per gestire tale livello di conflitto e tollerare la frustrazione derivante dall'incertezza, il CPS non può configurarsi come un singolo atto risolutivo isolato, ma deve strutturarsi come un ciclo prolungato nel tempo. Fischer, Greiff e Funke

(2012) [9], citati come fondamento teorico sia da Dörner e Funke (2017) [2] sia da Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1], definiscono il CPS come un processo di autoregolazione iterativa. Esso richiede al soggetto di impegnarsi sequenzialmente nell'identificazione dell'anomalia, nella continua formulazione e selezione di ipotesi e nell'esecuzione di piani d'azione, calibrando costantemente il proprio comportamento «in risposta a informazioni incomplete e incerte». In virtù di questa dinamica, le soluzioni ai problemi complessi raramente sono univoche o perfette; assumono piuttosto la forma di un assemblaggio strategico, risultante dalla «combinazione creativa di conoscenze e da un ampio set di strategie» empiriche [2].

È proprio la natura erratica, emotiva e iterativa del CPS a metterne a nudo la profonda incompatibilità con i paradigmi dei sistemi educativi tradizionali. Gli ambienti di apprendimento formale sono storicamente strutturati per addestrare gli studenti alla risoluzione di *toy problems*, problemi artificialmente isolati dal loro contesto sistemico e ripuliti dal rumore di fondo. Tali esercizi garantiscono un successo deterministico a patto di applicare pedissequamente l'algoritmo insegnato, ma precludono lo sviluppo della tolleranza all'ambiguità. L'assenza di un addestramento specifico volto ad arginare la «reazione di emergenza» cognitiva lascia l'individuo del tutto impreparato di fronte alla complessità del mondo reale. Sorge pertanto la pressante necessità di individuare nuovi medium formativi capaci di simulare il rischio, le conseguenze a cascata e il sovraccarico informativo, innescando un apprendimento sistemico all'interno di un ambiente protetto ma intrinsecamente motivante.

2.2 I meccanismi cognitivi e motivazionali dell'apprendimento ludico

Se, come analizzato nella sezione precedente, il CPS impone un sovraccarico alla memoria di lavoro e innesca dinamiche di stress emotivo, sorge la necessità di comprendere attraverso quali meccanismi i sistemi interattivi riescano a mitigare tale carico, favorendo l'acquisizione di competenze sistemiche. Per superare la superficiale dicotomia tra apprendimento formale e semplice passatempo, la letteratura offre chiavi di lettura psicologiche e motivazionali rigorose, essenziali per decodificare il reale potenziale cognitivo del medium videoludico.

Un primo contributo fondamentale per spiegare l'efficacia dei videogiochi nella gestione della complessità deriva dalla teoria dell'apprendimento situato (*situated cognition*), ampiamente indagata da Gee (2003) [10]. Secondo l'autore, i videogiochi operano come «spazi di problem solving» in cui la conoscenza non viene mai presentata in forma astratta, simbolica o decontestualizzata. Al contrario, l'apprendimento ludico è intrinsecamente situato: le regole del sistema, le relazioni di causa-effetto e le informazioni necessarie per avanzare vengono scoperte dal

giocatore unicamente attraverso l'interazione diretta e l'osservazione empirica [10]. Questa contestualizzazione continua funge da impalcatura cognitiva, permettendo all'utente di processare reti di variabili interconnesse che, se presentate in un ambiente statico, risulterebbero intellettualmente inaccessibili.

In aggiunta alla contestualizzazione, i sistemi videoludici eccellono in un'operazione fondamentale per mitigare lo stress del CPS: la conoscenza distribuita (*distributed knowledge*). Come evidenziato dai successivi lavori di Gee (2005) [11], nei videogiochi l'intelligenza e le informazioni non risiedono esclusivamente nella mente dell'utente, ma sono distribuite tra il giocatore e l'artefatto digitale. Attraverso continui «loop di feedback» (visivi, sonori, narrativi) e un'interfaccia che traccia dinamicamente lo stato delle variabili (risorse, tempo, relazioni), il gioco agisce come un'estensione della memoria di lavoro del giocatore. Questo alleggerimento permette al cervello di reindirizzare le proprie risorse esecutive dall'archiviazione mnemonica dei dati verso la formulazione di strategie ad alto livello e la previsione di scenari futuri.

Tuttavia, l'esposizione a un ambiente situato e intrasparente comporta inevitabilmente la possibilità di commettere errori. In scenari reali, l'errore scatuisce spesso la già citata «reazione di emergenza» (Sezione 2.1). Nei videogiochi, al contrario, l'architettura ludica opera una fondamentale rielaborazione psicologica del fallimento. Granic, Lobel ed Engels (2014) [12] sottolineano come i videogiochi promuovano una notevole resilienza emotiva, trasformando il fallimento da un esito punitivo e definitivo a uno strumento epistemico necessario. Nel *gameplay*, un'ipotesi errata o una scelta disastrosa non rappresentano la fine del processo cognitivo, ma generano un «fallimento produttivo»: il *game over* o la conseguenza narrativa negativa forniscono l'esatto feedback necessario per calibrare il modello mentale dell'utente al tentativo successivo [12].

Per comprendere appieno cosa impedisca al giocatore di abbandonare il sistema di fronte alla ripetizione di tali fallimenti, è necessario integrare la dimensione emotiva. Plass, Homer e Kinzer (2015) [13] postulano che il *game-based learning* si fondi su un'architettura tridimensionale capace di innescare simultaneamente tre forme di *engagement*: cognitivo, affettivo e motivazionale. È proprio la sinergia tra l'immersione narrativa (*engagement* affettivo) e la gratificazione derivante dalla comprensione del sistema (*engagement* motivazionale) a fornire le risorse mentali necessarie per sostenere l'elevato sforzo richiesto dal problem solving [13].

Questa intrinseca propensione alla persistenza trova la sua più solida spiegazione formale nella *Self-Determination Theory* (SDT), applicata al game design dagli studi di Przybylski, Rigby e Ryan (2010) [14]. Gli autori dimostrano che gli ambienti ludici ad alto rendimento attraggono l'utente perché riescono a soddisfare due bisogni psicologici innati dell'essere umano: il bisogno di competenza e il bisogno di autonomia. In un sistema complesso, la libertà di testare diverse ipotesi, esplorare rami narrativi differenti e subire conseguenze personalizzate appaga profondamente

il bisogno di autonomia. Parallelamente, il ciclo di feedback del gioco, che premia l'adattamento strategico, soddisfa il bisogno di competenza [14]. È questo costante appagamento psicologico a trasformare la frustrazione dell'incertezza in un potente motore esplorativo.

Alla luce di queste dinamiche, il concetto di *meaning-making* (creazione di senso), già introdotto nella Sezione 1.2 come fonte primaria della motivazione intrinseca, assume una connotazione strutturale. Come teorizzato da Fabricatore (2018) [5], il giocatore non si limita a decodificare passivamente la narrativa proposta, ma si impegna in un'azione di co-creazione logica del mondo di gioco. In un sistema caratterizzato da intrasparenza, infatti, l'architettura causale degli eventi non è mai fornita nella sua interezza. È l'utente a dover riempire i vuoti informativi (*information gaps*) lasciati intenzionalmente dal designer, formulando ipotesi sulle regole sottese, sulle conseguenze a lungo termine delle proprie scelte e sulle reali intenzioni dei personaggi non giocanti. Questa costruzione attiva del modello mentale trasforma il solutore da mero esecutore di input a vero e proprio co-autore dell'ecosistema logico: la realtà simulata acquisisce una forma definitiva e coerente solo attraverso il filtro interpretativo e strategico di chi gioca. Affinché questo delicato processo si inneschi, tuttavia, le meccaniche ludiche e le sfide cognitive devono essere profondamente compenstrate. A conferma di ciò, la meta-analisi condotta da Wouters et al. (2013) [15] evidenzia come l'efficacia formativa dei videogiochi crolli drasticamente qualora la componente didattica sia semplicemente «sovrapposta» alle meccaniche di intrattenimento, anziché esserne il nucleo fondante. In altre parole, la risoluzione del problema complesso non deve mai rappresentare un'interruzione artificiale dell'esperienza, ma deve coincidere perfettamente con il *gameplay* stesso.

Tale evidenza empirica dimostra che l'allenamento al problem solving in condizioni di incertezza non richiede la rigida progettazione di simulatori puramente istruttivi. Esige, invece, l'architettura di ecosistemi ludici in cui l'occultamento strategico delle informazioni, la gestione del rischio e la libertà decisionale si fondono in un'esperienza olistica e intrinsecamente motivante.

2.3 Il framework metodologico: IMS e CPS-GFC

Come argomentato nelle sezioni precedenti, affinché un videogioco funga da palestra cognitiva per il problem solving, è necessario che il design dell'incertezza sia strutturale e non accidentale. Per operationalizzare questa necessità, traducendo i costrutti psicologici in strumenti concreti di game design, il presente lavoro adotta il framework metodologico proposto da Gyaurov, Fabricatore e Bottino (2025) [1].

Questo studio propone un approccio integrato che unisce una prospettiva centrata sul gioco a una centrata sul giocatore. Per farlo, gli autori si avvalgono di due

lenti teoriche complementari: la *Work System Theory* (WST) e la *Cognitive Work Analysis* (CWA). L'obiettivo di questa ibridazione, come dichiarano gli stessi autori, è quello di «estrarre sistematicamente, codificare e interpretare gli elementi e le meccaniche di gameplay in termini di processi psicologici rilevanti per il CPS» [1].

Piuttosto che tradurre rigidamente queste teorie ingegneristiche, il framework le adatta dinamicamente al contesto videoludico. La WST viene impiegata per modellare il *gameplay* come un sistema orientato all'obiettivo, in cui il giocatore è inquadrato come un operatore che utilizza specifici strumenti (artefatti ludici) e conoscenze (schemi di regole) per superare delle sfide. Attraverso questa lente, le interazioni di gioco vengono analizzate per comprendere in che misura i vari elementi possano abilitare o ostacolare l'esecuzione del compito [1]. Parallelamente, la CWA fornisce il rigore metodologico per mappare come l'ambiente di gioco supporti o richieda l'attivazione dei processi cognitivi necessari per gestire l'incertezza, senza però imporre una proceduralità rigida alle azioni del giocatore.

Dall'applicazione congiunta di queste analisi, il framework distilla due strumenti di progettazione strettamente interdipendenti: le *Information Management Strategies* (IMS) e le *Complex Problem Solving - Gameplay Feature Configurations* (CPS-GFC).

2.3.1 Information Management Strategies (IMS)

Le IMS descrivono le strategie di design utilizzate per generare o mitigare l'incertezza, agendo selettivamente sul flusso di informazioni a disposizione del giocatore. Come formalizzato da Gyaurov et al. [1], queste strategie operano rivelando o nascondendo dettagli relativi a quattro dimensioni fondamentali di un «fenomeno incerto»: la sua presenza, le sue cause, i suoi effetti e le regole che lo governano. L'obiettivo di tale modulazione informativa è indurre il giocatore a mettere in atto specifici processi cognitivi, quali la percezione dell'ambiguità, la formulazione di ipotesi, la loro selezione strategica o il test diretto sul campo. Il framework classifica sette strategie:

1. **IMS1:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti la *presenza* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo la *presenza* di un secondo fenomeno incerto.
2. **IMS2:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti le *cause* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo le *cause* di un secondo fenomeno incerto.
3. **IMS3:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti gli *effetti* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo gli *effetti* di un secondo fenomeno incerto.

4. **IMS4:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti le *regole* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo le *regole* di un secondo fenomeno incerto.
5. **IMS5:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti le *cause* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo gli *effetti* e le *regole* di tale fenomeno.
6. **IMS6:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti le *effetti* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo le *cause* e le *regole* di tale fenomeno.
7. **IMS7:** Rivelare o nascondere informazioni riguardanti le *regole* di un fenomeno incerto per permettere o richiedere al giocatore di gestire l'incertezza riguardo gli *cause* e gli *effetti* di tale fenomeno.

2.3.2 Complex Problem Solving - Game Feature Configurations (CPS-GFC)

Mentre le IMS descrivono la modulazione dell'informazione a livello teorico, le configurazioni CPS-GFC rappresentano la loro traduzione pratica all'interno delle meccaniche di gioco. Il framework identifica dieci configurazioni cardine, concepite come *building blocks* per la progettazione ludica [1]. Ciascuna di esse è specificamente codificata per soddisfare due requisiti complementari: uno volto a garantire il coinvolgimento del giocatore (*Player Engagement* - PE) e uno orientato a stimolare lo sviluppo delle abilità cognitive (*Complex Problem Solving* - CPS) attraverso le IMS.

1. Persistent game world:

PE: L'ambiente deve mostrare cambiamenti irreversibili e persistenti, resi visibili attraverso la gestione dell'inventario, l'alterazione dello stato dell'avatar o le modifiche fisiche del mondo stesso.

CPS: Il design deve occultare o rivelare strategicamente le regole che governano tali cambiamenti sistemici a lungo termine.

2. Unexpected Game Events:

PE: Il gioco deve introdurre schemi in grado di generare eventi improvvisi e imprevisti, capaci di alterare in modo significativo lo scenario affrontato.

CPS: È necessario nascondere o rivelare le relazioni causali che legano questi eventi stocastici locali a dinamiche globali di livello superiore.

3. Unpredictable characters:

PE: Gli NPC (*Non-Playable Characters*) devono configurarsi come entità

coerenti ma dotate di comportamenti e motivazioni autonomamente imprevedibili.

CPS: Il sistema deve occultare o rivelare gli effetti a lungo termine scaturiti dalle interazioni con tali entità.

4. Game goals:

PE: Il sistema deve presentare una gerarchia di obiettivi non lineare, supportata da collegamenti chiari ed esplorabili.

CPS: Il design deve rivelare apertamente le regole necessarie per l'esplorazione e il *backtracking* all'interno della struttura dei traguardi.

5. Guiding game environment:

PE: L'ambiente stesso deve orientare il giocatore in modo implicito, sfruttando la conformazione del livello, il posizionamento degli avversari o la distribuzione dei punti di interesse.

CPS: Il gioco deve rivelare la presenza di tali elementi ambientali per supportare la percezione e l'acquisizione di informazioni spaziali.

6. Safe planning:

PE: Devono essere previste zone o fasi sicure chiaramente identificabili, all'interno delle quali il giocatore non è soggetto alla pressione di minacce immediate.

CPS: Le regole che determinano la sicurezza spaziale e temporale di queste aree devono essere inequivocabilmente rivelate.

7. Unfamiliar challenges:

PE: Il gioco deve proporre sfide nuove e mentalmente impegnative, generate dalla combinazione inedita di meccaniche o elementi già noti all'utente.

CPS: Per fornire un appiglio cognitivo, le regole relative ai singoli elementi familiari che compongono la nuova sfida devono essere palesi.

8. Prospective learning:

PE: Il design deve introdurre meccaniche che, una volta apprese in contesti semplici, si riveleranno indispensabili per superare ostacoli futuri più complessi.

CPS: Le regole di funzionamento della meccanica introdotta devono essere rivelate in modo da permettere il trasferimento strutturato della conoscenza.

9. Risk-reward:

PE: Le dinamiche ludiche devono presentare biforcazioni in cui i percorsi sicuri offrono ricompense marginali, mentre quelli insidiosi garantiscono vantaggi maggiori.

CPS: Il sistema deve rivelare le regole di accessibilità e di rischio associate a ciascun percorso, per forzare il giocatore a una valutazione informata del costo-opportunità.

10. Warning information flows:

PE: In vista di una sfida critica o di un picco di difficoltà inevitabile, il gioco deve fornire indizi visivi e sonori preparatori.

CPS: La presenza e l'intensità di tali indizi premonitori devono essere chiaramente manifestate al giocatore.

L'integrazione strutturale delle strategie IMS all'interno delle dieci configurazioni CPS-GFC fornisce, in sintesi, un vocabolario progettuale formale e completo. Come delineato in questa sezione, il framework non si limita a teorizzare i processi cognitivi, ma offre strumenti operativi per modulare l'incertezza salvaguardando contestualmente l'engagement del giocatore. Avendo definito tale arsenale teorico e metodologico, diviene ora possibile impiegarlo come lente analitica oggettiva. Nella sezione successiva verranno pertanto presi in esame alcuni videogiochi commerciali, al fine di dimostrare empiricamente come le dinamiche di problem solving complesso appena descritte trovino già un'efficace, seppur spesso implicita, applicazione nell'industria videoludica.

2.4 Analisi di titoli commerciali

Avendo definito l'impianto metodologico e il framework CPS-GFC [1], il presente capitolo impiega tali strumenti come lente analitica per esaminare una selezione di tre videogiochi commerciali: *This War of Mine* (2.4.1), *Papers, Please* (2.4.2) e *Frostpunk* (2.4.3). L'obiettivo di questa indagine è dimostrare empiricamente come le dinamiche di CPS trovino già una rigorosa e matura applicazione all'interno dell'industria dell'intrattenimento. Ciascun titolo verrà scomposto per evidenziare lo scenario complesso che propone, validando l'analisi attraverso la mappatura puntuale delle meccaniche di gioco sulle dieci configurazioni operative (CPS-GFC) e supportando tali osservazioni con la letteratura scientifica di settore.

2.4.1 This War of Mine (11 bit studios, 2014)

This War of Mine [16] ribalta il paradigma tradizionale dei videogiochi a tema bellico: il giocatore non controlla un soldato, ma gestisce un gruppo di civili intrappolati in una città sotto assedio, il cui unico obiettivo è sopravvivere fino al cessate il fuoco. Lo scenario si configura fin dai primi istanti come un ecosistema logico e morale di estrema complessità, caratterizzato da una drastica scarsità di risorse, informazioni parziali e minacce costanti.

A supporto di questa intrinseca complessità, lo studio condotto da Smale, Kors e Sandovar (2019) [17], basato su interviste dirette ai designer di 11 bit studios, evidenzia come il gioco sia stato concepito per costringere l'utente ad affrontare

un «wicked problem». Le scelte richieste non possiedono mai una soluzione univocamente corretta, ma impongono compromessi laceranti. La necessità di reperire cibo o medicinali, ad esempio, si scontra frequentemente con il deterioramento psicologico dei personaggi, generando un brutale conflitto di priorità (*politelia*) tra sopravvivenza fisica ed etica umana.

Inoltre, per acuire il senso di disorientamento e stimolare la creazione autonoma di modelli mentali, i designers hanno rimosso deliberatamente ogni forma di tutorial tradizionale. Come sottolineano gli autori, il gioco adotta una rigorosa politica di «no hand-holding» (nessun accompagnamento del giocatore), in cui l'utente «viene gettato nell'acqua alta» per esperire il trauma e l'incertezza dell'assedio [17]. Questo approccio costringe il solutore a colmare in autonomia i vuoti informativi, indagando le regole del sistema attraverso l'esplorazione e il fallimento produttivo.

Per sistematizzare questa architettura di design, la Tabella 2.1 illustra la mappatura puntuale delle meccaniche di *This War of Mine* sulle dieci linee guida del framework CPS-GFC [1].



Figura 2.1: Interfaccia di gioco di *This War of Mine* durante la fase diurna all'interno del rifugio.



Figura 2.2: Interfaccia di gioco di *This War of Mine* per la creazione di oggetti usando un banco da lavoro semplice, nelle prime fasi dell'esperienza.

Tabella 2.1: Mappatura delle meccaniche di *This War of Mine* sulle linee guida CPS-GFC.

Configurazione CPS-GFC	Implementazione in <i>This War of Mine</i>
Persistent Game World	Il gioco adotta la morte permanente (<i>permadeath</i>). Ogni azione consuma risorse in modo irreversibile e i traumi psicologici o fisici dei personaggi persistono senza possibilità di ricaricare un salvataggio precedente.
Unexpected Events	Il sistema genera mutamenti stocastici, come l'improvviso arrivo dell'inverno (che richiede stufe e legna) o l'intensificarsi dei combattimenti che bloccano temporaneamente l'accesso a specifici quartieri.
Unpredictable Characters	I civili o i militari incontrati durante le esplorazioni o che bussano alla porta del rifugio possiedono allineamenti imprevedibili. Possono offrire baratti vantaggiosi, chiedere aiuto disperato o tendere imboscate letali.
Game Goals	Forte presenza di politelia. L'obiettivo macroscopico (sopravvivere) è frammentato in micro-obiettivi in perenne conflitto (es. rubare medicine ai civili per salvare un compagno, causando però depressione nel gruppo).
Guiding Game Environment	Assenza di indicatori a schermo. Indizi visivi e sonori, come porte sbarrate, macerie o rumori di passi attraverso i soffitti, guidano indirettamente il giocatore nella valutazione dei rischi.
Safe Planning	La dicotomia giorno/notte struttura il tempo. La fase diurna confina i personaggi nel rifugio, fornendo una zona di <i>Safe planning</i> priva di minacce esterne per gestire l'inventario, costruire strumenti e curare i feriti.
Unfamiliar Challenges	Nelle fasi iniziali, il giocatore si confronta con minacce inedite (es. una ferita d'arma da fuoco) senza possedere alcun tutorial pregresso sulle procedure di bendaggio o riposo richieste dal gioco.
Prospective Learning	Il giocatore apprende meccaniche di furtività (es. nascondersi nelle ombre o fare rumore per attirare l'attenzione) in scenari disabitati, per poi trasferire ed applicare queste tattiche nelle letali zone militari.
Risk-Reward	La mappa notturna impone continue valutazioni del costo-opportunità. Luoghi ad altissimo rischio (es. avamposto militare) custodiscono risorse di vitale importanza (armi e bende), contrapponendosi a zone sicure ma povere di risorse.
Warning Information Flows	La costruzione di una radio artigianale funge da vettore per la trasmissione di notiziari locali, permettendo di anticipare in modo parziale future ondate di freddo o rincari dei beni sul mercato nero.

2.4.2 Papers, Please (Lucas Pope, 2013)

Papers, Please [18] cala il giocatore nei panni di un ispettore di frontiera del regime fittizio di Arstotzka. A differenza della maggior parte dei titoli commerciali, il *gameplay* si svolge interamente attraverso un'interfaccia bidimensionale che simula la scrivania dell'ispettore, in cui l'utente deve ispezionare, confrontare e timbrare i documenti dei viaggiatori in cerca di asilo, lavoro o transito.

Lo scenario si configura come un eccellente simulatore di sovraccarico cognitivo e problem solving in condizioni di pressione temporale. A validare questa impostazione interviene lo studio di Formosa, Ryan e Staines (2016) [19], i quali evidenziano come il gioco adotti un «approccio sistemico» per generare complessità. Invece di affidarsi a sequenze narrative predeterminate, il titolo genera dilemmi etici e cognitivi unicamente attraverso le sue regole ferree.

Come analizzato dagli autori, il gioco costringe l'utente a gestire una struttura politetica di altissimo livello, frammentata in tre obiettivi in costante conflitto: l'obbedienza alle direttive burocratiche dello Stato (che cambiano e si complicano quotidianamente), l'empatia verso le suppliche dei migranti e, soprattutto, la sopravvivenza della propria famiglia. L'ispettore viene pagato a cottimo per ogni viaggiatore processato correttamente; tuttavia, i continui aggiornamenti delle procedure richiedono sempre più tempo per l'analisi visiva delle discrepanze [19]. L'utente si trova quindi intrappolato in un *trade-off* continuo tra la velocità d'esecuzione (necessaria per guadagnare i crediti vitali per sfamare la famiglia) e l'accuratezza (indispensabile per evitare sanzioni pecuniarie da parte dello Stato).

Questo ambiente chiuso e opprimente rappresenta un caso di studio ideale per il framework CPS-GFC [1], poiché dimostra come l'intrasparenza non debba necessariamente derivare dall'esplorazione spaziale, ma possa emergere dalla mole e dall'ambiguità delle informazioni fornite. La Tabella 2.2 illustra in dettaglio come le meccaniche del titolo operationalizzino le dieci configurazioni di design.



Figura 2.3: Interfaccia di gioco di *Papers, Please* durante la fase di accettazione o rifiuto di un viaggiatore.

Tabella 2.2: Mappatura delle meccaniche di *Papers, Please* sulle linee guida CPS-GFC.

Configurazione CPS-GFC	Implementazione in <i>Papers, Please</i>
Persistent Game World	Lo stato di salute, le finanze e i bisogni primari della famiglia del giocatore persistono di giorno in giorno. Le multe accumulate per errori di ispezione impattano irreversibilmente l'economia domestica.
Unexpected Game Events	Attentati terroristici improvvisi alla frontiera interrompono drasticamente il turno di lavoro, bloccando l'afflusso di viaggiatori e limitando le entrate economiche giornaliere previste.
Unpredictable Characters	I viaggiatori presentano un'elevata incertezza: possono mentire, utilizzare documenti contraffatti, offrire tangenti o nascondere contrabbando, obbligando il giocatore a un costante scetticismo investigativo.
Game Goals	Conflitto tra l'efficienza burocratica (per guadagnare denaro), il rispetto delle regole di Arstotzka (per evitare sanzioni) e la moralità personale (aiutare un rifugiato a rischio della propria incolumità).
Guiding Game Environment	Lo spazio limitato della scrivania e il manuale delle regole fisicamente sfogliabile guidano e vincolano l'organizzazione spaziale delle informazioni. Il giocatore deve strutturare il proprio ambiente di lavoro per ottimizzare l'analisi visiva.
Safe Planning	Al termine di ogni turno lavorativo, la schermata di riepilogo serale fornisce un ambiente di <i>Safe planning</i> . In assenza di limiti di tempo, il giocatore amministra i risparmi allocandoli criticamente tra affitto, cibo e cure mediche.
Unfamiliar Challenges	Il gioco introduce costantemente nuovi strumenti di indagine (es. scanner a raggi X, rilevatori di impronte digitali) che l'utente deve imparare a padroneggiare rapidamente integrandoli nel flusso di lavoro.
Prospective Learning	La capacità di individuare discrepanze basilari appresa nei primi livelli è il prerequisito per poter risolvere le complesse reti di falsificazioni presentate nelle fasi avanzate.
Risk-Reward	Favorire l'organizzazione ribelle o accettare tangenti da contrabbandieri offre alte ricompense monetarie, ma comporta il rischio letale di arresto per tradimento e il conseguente <i>game over</i> .
Warning Information Flows	Il bollettino mattutino fornisce informazioni anticipatorie, alertando il giocatore su ricercati pericolosi, epidemie (che richiedono certificati vaccinali) o imminenti ritorsioni diplomatiche, permettendogli di ricalibrare l'attenzione.

2.4.3 Frostpunk (11 bit studios, 2018)

Frostpunk [20] espande il concetto di sopravvivenza portandolo su scala macroscopica. Il titolo ibrida le meccaniche dei *city-builder* con quelle dei gestionali di sopravvivenza, ponendo il giocatore nei panni del «Capitano», il leader dell'ultima città sulla Terra durante una glaciazione globale in un diciannovesimo secolo alternativo. L'intero insediamento è costruito attorno a un enorme generatore a carbone, unica fonte di calore e speranza per la comunità.

Lo scenario presentato è un perfetto ecosistema di sistemi interconnessi in cui l'incertezza è la forza trainante dell'esperienza. Lo studio condotto da Troost et al. (2023) [21] esamina proprio come *Frostpunk* modelli magistralmente l'incertezza e i processi decisionali in risposta a crisi climatiche estreme. Gli autori evidenziano come il nucleo del gioco ruoti attorno a una costante «ambiguità strategica»: il giocatore è continuamente costretto a domandarsi «Cosa dovrei fare?» di fronte a dilemmi etici e gestionali privi di soluzioni indolori.

La politelia, in questo contesto, è istituzionalizzata attraverso il *Libro delle Leggi*. Il giocatore deve infatti bilanciare la gestione e l'efficienza delle risorse (come il carbone e la forza lavoro) con la necessità di prendere posizione su questioni etiche fondamentali, dovendo spesso scegliere tra l'ottimizzazione industriale e il benessere umano [21]. L'introduzione del lavoro minorile o di turni di emergenza letali incrementa la produttività, ma innalza drasticamente il malcontento e fa crollare la speranza, i due indicatori persistenti che, se portati agli estremi, causano l'esilio del giocatore e il *game over*.

Questa rete di interdipendenze sistemiche richiede un continuo processo di CPS. La Tabella 2.3 dimostra come le meccaniche di *Frostpunk* si mappino perfettamente sulle configurazioni del framework CPS-GFC [1], forzando il giocatore a elaborare previsioni a lungo termine in un ambiente spietato.



Figura 2.4: Interfaccia di gioco di *Frostpunk* durante la visione panoramica della città.

Tabella 2.3: Mappatura delle meccaniche di *Frostpunk* sulle linee guida CPS-GFC.

Configurazione CPS-GFC		Implementazione in <i>Frostpunk</i>
Persistent World	Game	Le leggi promulgate sono permanenti e alterano irreversibilmente il tessuto sociale. I livelli di «Speranza» e «Malcontento» persistono e governano la sopravvivenza politica del giocatore.
Unexpected Events	Game	Calate improvvise delle temperature, arrivi inaspettati di rifugiati malati o la scoperta di altre città cadute alterano drasticamente le priorità di gestione e il bilancio termico ed economico dell'insediamento.
Unpredictable Characters		La popolazione reagisce in modo emergente alle condizioni di vita. I cittadini possono organizzare scioperi, formare fazioni dissidenti o avanzare richieste specifiche (es. riscaldare le case) in base all'incertezza del momento.
Game Goals		Profondo conflitto tra l'espansione industriale e il mantenimento dell'umanità e del morale della popolazione, forzando la costante accettazione di compromessi.
Guiding Game Environment	Envi-	La mappa a cratere e l'irraggiamento termico radiale del generatore guidano implicitamente l'urbanistica: il giocatore deduce visivamente che le strutture vitali e residenziali devono occupare gli anelli interni e più caldi.
Safe Planning		I periodi di temporanea stabilità climatica e la possibilità di mettere in pausa lo scorrere del tempo forniscono spazi sicuri in cui pianificare le prossime mosse (es. costruzione edifici, allocazione forza lavoro).
Unfamiliar Challenges		Le richieste dei cittadini e la «Grande Tempesta» finale, che presenta temperature così basse da rendere obsolete le precedenti strategie di riscaldamento, costringono il giocatore a elaborare nuove strategie gestionali.
Prospective Learning		Le micro-crisi termiche affrontate nelle fasi iniziali fungono da base cognitiva essenziale: il giocatore impara a gestire le scorte di carbone e le cure mediche per prepararsi alla perturbazione finale.
Risk-Reward		Inviare squadre di esploratori nelle lande ghiacciate impone di valutare se spingersi oltre per recuperare reliquie industriali e sopravvissuti, col rischio di veder morire l'intera squadra a causa di eventi climatici.
Warning Information Flows		L'interfaccia meteo fornisce previsioni accurate sulle imminenti fluttuazioni delle temperature, permettendo al giocatore di anticipare il carico sul generatore e avviare per tempo la ricerca di nuovi isolamenti termici.

Conclusioni dell'analisi

L'analisi condotta sui lavori correlati ha permesso di validare empiricamente gli assunti teorici e metodologici presentati nel corso di questo capitolo. L'esame di *This War of Mine*, *Papers, Please* e *Frostpunk* ha dimostrato come le meccaniche di gioco, se modellate per simulare gli attributi tipici di un sistema complesso, possano elevare un prodotto di intrattenimento a simulatore di CPS.

Attraverso la lente analitica del framework CPS-GFC [1], è emerso chiaramente come il sovraccarico cognitivo e l'incertezza rappresentino strumenti progettuali deliberati e necessari. Essi forzano il giocatore ad abbandonare l'esecuzione passiva di procedure per abbracciare l'indagine sistemica, la formulazione di ipotesi e l'assunzione di responsabilità di fronte a dilemmi etici irreversibili.

Avendo consolidato questo solido impianto metodologico, la trattazione può ora procedere dalla fase analitica a quella sintetica e realizzativa. Nel capitolo successivo, le dieci configurazioni operative discusse e validate fungeranno da vere e proprie fondamenta ingegneristiche per il design e lo sviluppo del prototipo originale oggetto di questa tesi. Tali linee guida verranno impiegate non più per decostruire opere esistenti, ma per architettare una nuova esperienza interattiva in grado di operazionalizzare l'incertezza e il carico cognitivo all'interno di un ambiente ludico originale.

Capitolo 3

Design e Implementazione

Il presente capitolo illustra nel dettaglio il processo di progettazione e sviluppo del *serious game* oggetto di questa tesi. L'obiettivo principale di tale artefatto digitale è la traduzione operativa del framework teorico CPS-GFC [1], descritto nel Capitolo 2, in meccaniche ludiche, architetture di sistema e strutture narrative concrete. Ogni scelta di design, dall'ideazione del tema e dell'intreccio fino all'implementazione dell'architettura software, è stata guidata dalla necessità di stimolare i processi cognitivi associati al CPS. Nelle sezioni seguenti verranno analizzati il concept iniziale, la trasposizione delle linee guida in meccaniche di gioco, l'architettura del sistema e l'integrazione del motore narrativo.

3.1 Visione di gioco e concept iniziale

Il progetto si concretizza in un'avventura narrativa con interfaccia testuale, integrata da meccaniche di selezione e interazione di base. Il *concept* dell'opera ruota attorno alla figura di un soldato rimasto isolato in un territorio ostile a seguito di un conflitto armato. Privato del supporto della propria catena di comando, sprovvisto di comunicazioni e immerso in un ambiente a lui radicalmente estraneo, il protagonista deve intraprendere un viaggio per fare ritorno in patria.

La declinazione del progetto verso un'esperienza testuale, priva di un'esplorazione spaziale o ambientale esplicita, non deriva dall'assunto che tale formato offra vantaggi cognitivi o pedagogici intrinseci per l'apprendimento del CPS rispetto a un mondo virtuale liberamente navigabile. Al contrario, l'adozione di questo genere è il risultato di una ponderata analisi di fattibilità e di un compromesso ingegneristico tra la mole di requisiti strutturali imposti dal framework CPS-GFC e i vincoli stringenti di *project management*.

Il framework di riferimento richiede infatti la progettazione di un ecosistema denso di interconnessioni, capace di generare incertezza, conseguenze a lungo termine

e alberi decisionali ramificati. La trasposizione di una complessità sistemica di tale portata all'interno di un ambiente di gioco 3D o 2D tradizionale avrebbe comportato tempistiche di sviluppo incompatibili con il ciclo di vita del progetto di tesi. Inoltre, avrebbe richiesto la mobilitazione di competenze tecnico-artistiche (modellazione tridimensionale, animazione, *level design* spaziale) esulanti dagli obiettivi primari di questa ricerca e difficilmente sostenibili da un singolo sviluppatore.

Pertanto, l'interfaccia puramente testuale è stata individuata come il veicolo più efficiente per garantire la realizzazione dell'opera. Questa scelta di *scoping* progettuale ha permesso di allocare la quasi totalità delle risorse temporali sulla pura ingegnerizzazione della logica di gioco, sull'architettura della narrazione ramificata e sulla corretta implementazione delle meccaniche necessarie a stimolare il *Complex Problem Solving*, eludendo in toto i colli di bottiglia produttivi legati alla creazione di *asset* grafici avanzati.

3.1.1 Ambientazione e incertezza sistemica

La decisione di adottare un'ambientazione bellica e di focalizzare la narrazione su un protagonista militare isolato non è puramente estetica, né è orientata all'intrattenimento fine a sé stesso. Al contrario, essa risponde in modo puntuale alle necessità pedagogiche imposte dal framework CPS-GFC.

Uno scenario di isolamento in territorio nemico rappresenta infatti, per sua stessa natura, l'apice dell'incertezza sistemica. Il giocatore viene calato in un contesto in cui le informazioni sono strutturalmente incomplete o inaffidabili: non conosce la morfologia esatta del territorio, ignora la dislocazione delle forze ostili e non può prevedere con certezza le conseguenze a lungo termine delle proprie azioni.

Questa condizione di deprivazione informativa forza l'utente ad abbandonare approcci di risoluzione dei problemi basati sulla pura esecuzione motoria o su reazioni istintive, obbligandolo invece ad attivare processi cognitivi di ordine superiore. Il giocatore deve raccogliere frammenti di informazione, formulare ipotesi sullo stato del mondo e testare tali ipotesi attraverso scelte caute, un processo iterativo che costituisce il cuore dell'apprendimento del CPS.

3.1.2 Decostruzione del «nemico» e politelia

Un elemento cardine della visione di gioco è la decostruzione del concetto tradizionale di «nemico». Nei videogiochi commerciali di stampo bellico, l'antagonista è tipicamente un'entità monolitica, chiaramente definita e riconoscibile, con cui l'interazione si esaurisce spesso attraverso dinamiche di combattimento o eliminazione. In questo *serious game*, tuttavia, l'ostilità diviene un'entità opaca, sfumata e multidimensionale.

Gli NPC che popolano l'intreccio, come le figure di Elias e Lira, non sono mere pedine, ma incarnano dinamiche sociali e psicologiche complesse. Essi presentano motivazioni, paure e agende personali che non vengono esposte chiaramente al giocatore. Questa opacità sociale costringe l'utente a sospendere il giudizio euristico (es. «indossa una divisa nemica, quindi è una minaccia letale») per valutare ogni incontro in modo critico e contestuale.

Dal punto di vista del framework CPS, questa ambiguità relazionale è funzionale a generare e supportare la *politelia* (vedi 1.1). Il giocatore è sottoposto alla tensione costante tra il suo obiettivo primario di sopravvivenza pragmatica (che potrebbe suggerire azioni spietate per risparmiare risorse o eliminare potenziali minacce) e il mantenimento di una propria integrità etica o relazionale. Navigare questa «zona grigia», soppesando decisioni che non presentano mai una soluzione manifestamente corretta e priva di externalità negative, è un esercizio fondamentale per lo sviluppo del pensiero sistemico e critico.

3.1.3 Core Loop

Per tradurre queste ambizioni teoriche in un'esperienza giocabile, l'infrastruttura di base è stata organizzata attorno a un *core loop* (il ciclo iterativo fondamentale di interazione) rigorosamente testuale, ispirato alle strutture ramificate dei *libri game* e della *interactive fiction*. L'obiettivo macroscopico dell'esperienza, la fuga dal territorio ostile, fornisce la spinta motivazionale a lungo termine, ma l'avanzamento effettivo si basa sulla ripetizione di un ciclo di astrazione e scelta.

Il *core loop* si articola in quattro fasi sequenziali basate esclusivamente sull'elaborazione delle informazioni scritte:

1. **Acquisizione informativa:** Il giocatore legge e analizza le descrizioni testuali fornite dal nodo narrativo corrente, estrapolando criticamente i dati salienti sull'ambiente, sui personaggi e sulla situazione contingente.
2. **Valutazione sistemica:** Viene richiesto di monitorare lo stato attuale delle proprie risorse esplicite (*Salute* e *Fatica*), valutando le necessità imminenti e cercando di dedurre, unicamente attraverso i segnali forniti dal testo, lo stato delle relazioni sociali.
3. **Presa di decisione:** L'utente seleziona un'opzione tra i bivi testuali proposti (che possono rappresentare azioni fisiche, scelte di dialogo o approcci tattici), operando spesso in condizioni di profonda incertezza temporale o informativa.
4. **Assimilazione del feedback:** Il sistema restituisce le conseguenze dell'azione tramite un nuovo blocco di testo, aggiornando simultaneamente le variabili narrative e le risorse numeriche. Questo costringe il giocatore a riadattare la propria mappa mentale per affrontare il nodo successivo.

Questo ciclo di lettura-valutazione-scelta è fortemente vincolato da un sistema di statistiche che operano su due differenti livelli di trasparenza, imponendo al giocatore di agire in regime di *Safe Planning*. Da un lato, l'interfaccia restituisce un feedback quantitativo su risorse visibili come la *Salute* (l'integrità fisica) e la *Fatica* (l'energia spendibile per superare gli ostacoli), impedendo scelte puramente istintive o fisicamente insostenibili.

Dall'altro lato, il sistema traccia «dietro le quinte» variabili latenti come la *Coesione* (la tenuta psicologica e relazionale con il gruppo). Questa statistica influenza alcuni passaggi della narrativa e l'atteggiamento dei compagni nei confronti del protagonista, ma non è visibile all'utente. Questa precisa scelta di design serve a incrementare deliberatamente l'intrasparenza del sistema: in assenza di indicatori numerici espliciti, il carico cognitivo si sposta interamente sull'interpretazione testuale, costringendo il giocatore a simulare mentalmente le conseguenze sociali delle proprie azioni.

In sintesi, il concept di gioco agisce come un microcosmo generatore di problemi complessi testuali, in cui il giocatore impara a navigare l'ignoto bilanciando rischio sistemico e conseguenze sociali per raggiungere i propri obiettivi.

3.2 Traduzione del framework CPS-GFC in meccaniche di gioco

L'impianto di game design del progetto nasce con l'obiettivo primario di tradurre le linee guida teoriche per il CPS e le IMS [1] in un sistema di regole ludiche e meccaniche di gioco. In questa fase di concettualizzazione, il vocabolario tipico del game design è stato integrato in una struttura rigorosa, in cui le *gameplay features* sono progettate per bilanciare la richiesta cognitiva derivante dall'occultamento selettivo di certe informazioni e il supporto fornito rivelandone altre.

In quanto avventura testuale con componente gestionale, il gioco omette intenzionalmente la navigazione di uno spazio fisico (come una mappa o un livello tridimensionale). Al posto dell'esplorazione ambientale classica, l'esperienza richiede all'utente di orientarsi all'interno di una rete di bivi narrativi e di rigidi vincoli legati alle risorse. In questo contesto le sfide ludiche non si basano su riflessi o abilità motorie, bensì sulla deduzione, sulla gestione del rischio e sulla capacità di costruire modelli mentali costantemente aggiornabili. La Tabella 3.1 sintetizza la mappatura concettuale tra il framework teorico e le caratteristiche di base ideate per il gioco. Nei paragrafi successivi, tale traduzione viene analizzata nel dettaglio delle sue motivazioni di design.

CPS Guideline	Implementazione nel gioco
Persistent Game World	Design di un'economia chiusa e non automaticamente reversibile: le risorse non vengono ripristinate e le variabili vitali possono essere rigenerate solo tramite l'utilizzo di risorse o le scelte del giocatore.
Unexpected Game Events	Inserimento di biforcazioni e imprevisti che perturbano lo stato di equilibrio delle risorse, invalidando i piani a breve e lungo termine del giocatore.
Unpredictable Characters	Presenza di interazioni con personaggi i cui esiti comportamentali sfuggono al controllo diretto del giocatore.
Prospective Learning	Il sistema favorisce l'interiorizzazione di regole sistemiche ed etiche da applicare in contesti narrativi eterogenei.
Game Goals	Frammentazione dell'obiettivo finale in sotto-obiettivi emergenti e mutevoli, dettati dallo stato di necessità.
Risk-Reward	Le azioni ad alto potenziale di ricompensa materiale espongono sempre a un rischio latente sulle variabili vitali o relazionali.
Guiding Game Environment	Sostituzione della navigazione spaziale con l'esplorazione logica: l'ambiente fornisce indizi sotto forma di testo e alterazioni dei parametri di stato.
Warning Information Flows	Design di un sistema di feedback indiretto che segnala l'avvicinarsi a soglie critiche.
Safe Planning	Alternanza delle fasi ludico-narrative a fasi concepite per la pura valutazione degli stati e dell'inventario e al ripristino delle variabili fisiche (accampamento).
Unfamiliar Challenges	Introduzione progressiva di situazioni che scardinano le strategie basate unicamente sull'ottimizzazione quantitativa delle risorse.

Tabella 3.1: Mappatura tra le linee guida CPS-GFC e le meccaniche del *serious game*.

3.2.1 Persistenza del mondo

La prima sfida di design è stata la traduzione della guideline *Persistent Game World*. Per stimolare il ragionamento complesso, il giocatore deve percepire che le proprie azioni abbiano un peso concreto e definitivo. Pertanto, il gioco è stato progettato attorno a un'economia di risorse particolarmente rigida. Meccaniche classiche dell'intrattenimento videoludico, come la rigenerazione automatica della salute o l'abbondanza di oggetti curativi, sono state scartate. Al loro posto, è stato ideato un sistema in cui indicatori come la *Salute* e la *Fatica* subiscono variazioni reversibili unicamente attraverso il consumo di risorse o scelte specifiche da parte del giocatore, instaurando di fatto una «terna politelica» costituita dal mantenimento delle variabili fisiche sotto la soglia critica, l'ottimizzazione delle risorse e le scelte narrative.

Questo design costringe l'utente ad abbandonare un approccio tattico e reattivo in favore di una strategia a lungo termine. A questa meccanica si lega direttamente la guideline del *Safe Planning*. Il design del ritmo di gioco prevede l'alternanza tra momenti di alta richiesta cognitiva e momenti di decompressione meccanica. Durante queste fasi sicure, il gioco non propone nuove minacce, ma richiede al giocatore di interrogare lo stato delle proprie risorse, analizzare l'inventario e pianificare le mosse successive, fornendo il tempo necessario per processare le informazioni incerte raccolte in precedenza.

3.2.2 Strutturazione del rischio e degli obiettivi

Nel framework CPS, l'incertezza è una componente fondamentale. A livello di meccaniche, ciò si traduce in una manipolazione continua dei *Game Goals*, del *Risk-Reward* e degli *Unexpected Game Events*. Sebbene l'obiettivo macroscopico del gioco sia chiaro fin dalle prime battute, il design fa in modo che esso non sia sufficiente a guidare le scelte istante per istante, proponendo obiettivi emergenti che influenzano la strategia del giocatore.

In questo contesto si inserisce il design del rischio. Le scelte offerte al giocatore non sono dicotomie tra un'opzione «giusta» e una «sbagliata», ma bilanciamenti complessi in cui le IMS vengono utilizzate per nascondere i rapporti esatti di causa-effetto. Il giocatore può valutare di rischiare l'aumento della propria *Fatica* per esplorare un'area alla ricerca di risorse vitali, accettando l'incertezza di un possibile imprevisto (*Unexpected Game Events*). L'inserimento di eventi perturbanti nel design non ha uno scopo punitivo, ma serve a testare la flessibilità mentale del giocatore, imponendo la rapida ricalibrazione di una strategia non più ottimale.

3.2.3 Complessità ambientale

L'assenza di una rappresentazione grafica tridimensionale pone un limite strutturale intrinseco all'implementazione del *Guiding Game Environment* e dei *Warning Information Flows*. Nei videogiochi tradizionali, il level design sfrutta ampiamente il principio dello *show, don't tell* (mostrare, non raccontare), utilizzando l'illuminazione, la geometria degli spazi e i punti di riferimento visivi per guidare silenziosamente l'intuizione del giocatore. In un'avventura testuale, dove il medium coincide quasi interamente con il racconto esplicito, replicare questa guida tacita rappresenta una sfida di design complessa, in quanto manca un ambiente effettivamente visibile ed esplorabile.

Per superare tale limite, il concetto di *environment* è stato concettualmente despatializzato. Il design stabilisce che l'esplorazione non avvenga muovendo un avatar, ma decodificando informazioni: l'interfaccia utente e il testo assumono a tutti gli effetti il ruolo di «mondo fisico». In assenza di vere e proprie meccaniche ambientali spaziali, il sistema si affida al testo narrativo e al feedback testuale e parametrico. Le descrizioni testuali, volutamente sfumate, e le variazioni negli indicatori di stato fungono da sensori indiretti. Il design non fornisce mai la percentuale esatta di successo di un'azione o la natura precisa di un pericolo imminente, bensì rivela la sola esistenza di un'anomalia. Il giocatore deve affidarsi alla propria deduzione per unire i punti tra lo stato critico dei propri parametri e i suggerimenti narrativi, colmando attivamente i vuoti informativi lasciati deliberatamente aperti dai designer per stimolare la formulazione di ipotesi.

3.2.4 Complessità sociale e apprendimento prospettico

L'implementazione delle dinamiche interpersonali (*Unpredictable Characters* e *Unfamiliar Challenges*) ha richiesto di affrontare una sfida strutturale insita nel genere stesso dell'avventura testuale: la stimolazione del *Prospective Learning*. In un videogioco tradizionale spaziale, l'apprendimento prospettico è meccanico e visivo: il giocatore può affrontare un puzzle semplice in una fase preliminare e applicare le stesse abilità in un ambiente più complesso successivamente. Le *affordances* (es. una particolare leva o ostacolo fisico) rimangono invariate e facilmente riconoscibili, garantendo il trasferimento delle competenze acquisite.

Al contrario, in un gioco a base puramente testuale e narrativa, la sovrapposizione tra «meccanica» e «racconto» rende problematica questa trasposizione. Riproporre una situazione narrativa esplicitamente collegabile a un evento già vissuto al solo scopo di testare una meccanica genererebbe una forte ridondanza, minando l'immersione. D'altra parte, mascherare eccessivamente il problema dietro una situazione narrativa del tutto originale ostacolerebbe la capacità del giocatore di riconoscere le similarità e applicare l'euristica appresa.

Per superare questa limitazione del mezzo, il design ha astratto il *Prospective Learning* dal livello «situazionale» per portarlo al livello «sistemico-sociale». Uno dei modi per generare incertezza consiste nel celare le regole che governano le reazioni degli NPC alle decisioni del protagonista. Di conseguenza, il giocatore non è chiamato a imparare a superare ripetutamente uno specifico ostacolo fisico, ma a interiorizzare progressivamente le regole etiche e sociali del gioco. Trasferire i modelli mentali appresi nelle prime interazioni sociali per risolvere dilemmi inediti nelle fasi finali rappresenta un buon compromesso per trasmettere all'utente il tema centrale della narrazione e integrare il *Prospective Learning* in un medium guidato dal testo.

3.3 Narrative design e strutturazione dell'esperienza

La Sezione 3.2 ha illustrato la traduzione delle linee guida CPS in meccaniche di gioco, definendo l'infrastruttura sistemica e l'economia delle risorse. Tuttavia, affinché queste regole generino reali richieste cognitive, necessitano di un contesto applicativo. Il *narrative design* assolve proprio a questa funzione: trasforma le meccaniche in situazioni concrete e dilemmi affrontabili dal giocatore. In un'avventura testuale, la narrazione non è un mero espediente estetico, ma rappresenta il medium stesso attraverso cui le dinamiche di incertezza vengono trasmesse all'utente. Questa sezione analizza la strutturazione dell'esperienza di gioco, partendo dal tema centrale per poi procedere verso l'analisi dettagliata degli scenari narrativi e delle sotto-situazioni di gioco di cui sono composti, illustrando come la trama traduca in situazioni giocabili le IMS e le linee guida del framework CPS-GFC [1].

3.3.1 Il tema centrale della storia

Come delineato nella Sezione 3.1.2, l'impalcatura puramente narrativa del *serious game* si fonda sulla decostruzione della distanza psicologica tra il protagonista e il nemico. L'obiettivo macroscopico è il ritorno in patria attraverso un territorio devastato. La guerra rimane sullo sfondo come elemento di pressione costante, mentre il design narrativo mira a stimolare una riflessione profonda attraverso incontri e bivi situazionali. Invece di forzare una morale predeterminata, il sistema distribuisce strategicamente indizi (come il taccuino incomprensibile di Elias o l'incontro con l'eremita) per fornire al giocatore gli strumenti cognitivi necessari a superare l'euristica della minaccia, lasciandogli la totale autonomia decisionale e la libertà di trarre le proprie conclusioni sulla complessità umana dei personaggi incontrati.

3.3.2 L'intreccio come sequenza di *problem spaces*

L'intreccio narrativo è stato strutturato come una sequenza concatenata di *problem spaces* (spazi problematici), in cui ogni snodo rappresenta una specifica configurazione di incertezza. L'esperienza si apre con una premessa che stabilisce l'isolamento del protagonista e la scarsità di risorse, impostando immediatamente il paradigma del *Persistent Game World*.

La narrazione si ramifica in situazioni interconnesse. Ognuna di queste è stata progettata metodologicamente per somministrare al giocatore informazioni parziali, richiedendo l'applicazione di strategie decisionali. Il ritmo dell'esperienza alterna fasi di alta tensione (es. esplorazione di aree ostili o incontri con NPC) a fasi di *Safe Planning* (schermata della mappa o scenario dell'accampamento), in cui il ritmo rallenta per permettere al giocatore di valutare l'inventario e la sua condizione fisica, nonché di organizzare e consumare risorse.

Nello specifico, la progressione narrativa si articola lungo un percorso che culmina in una macroscopica biforcazione centrale. La mappa strutturale dell'esperienza può essere suddivisa in quattro fasi principali:

- **Fase introduttiva e primo stallo sociale:** Il viaggio ha inizio in una *Fattoria* in rovina, dove il giocatore familiarizza con le meccaniche di esplorazione e affronta il primo dilemma etico incontrando Elias, un disertore nemico ferito. Se si sceglie di abbandonarlo, si ottiene il suo taccuino, scritto nell'incomprensibile lingua del nemico. Fuggendo da una pattuglia, l'azione si sposta nel *Bosco*, teatro di uno stallo ad alta tensione con Lira, una spia alleata sotto copertura. In questa fase si definisce il gruppo di compagni che affronterà il resto del viaggio.
- **L'enigma della radio:** Raggiunto un *Villaggio* bruciato, il ritmo rallenta. Il giocatore deve esplorare le rovine per raccogliere i componenti necessari a far funzionare una vecchia radio militare. La risoluzione di questo *problem space* fornisce le informazioni tattiche essenziali per affrontare il grande bivio narrativo del gioco.
- **I percorsi mutuamente esclusivi:** A seconda della propria condizione e delle informazioni raccolte, il giocatore sceglie una delle due vie per raggiungere il confine. La *Strada Militare* richiede un approccio furtivo tra i convogli nemici e la gestione di meccaniche di allerta; il *Valico Montano* costringe invece a un brutale esercizio di sopravvivenza contro la natura e residui di gas tossico, logorando le variabili fisiche. In entrambi i percorsi, se Elias non è con il protagonista, il recupero di un dizionario bilingue e la conseguente traduzione fanno da perno tematico per l'umanizzazione dell'avversario.
- **La risoluzione tematica:** Tutte le scelte convergono al *Confine*. Questa fase finale non presenta sfide sistemiche complesse, ma convalida l'assimilazione del

tema della narrazione da parte del giocatore. A seconda di quanti compagni sono sopravvissuti, il gioco culmina in un ultimo gesto di compassione verso un giovane soldato nemico intrappolato, oppure nell'amara constatazione della propria disumanizzazione riflettendosi nel volto di un cadavere anonimo nel fango.

Analizzeremo nel dettaglio ogni scenario ludico-narrativo nella Sottosezione 3.3.4.

3.3.3 La gestione del fallimento: eventi di collasso e assenza di *game over*

Nella strutturazione dell'esperienza, un aspetto cruciale del *narrative design* riguarda la gestione del fallimento. In un'avventura videoludica tradizionale, l'esaurimento delle risorse vitali (tipicamente il raggiungimento di un valore pari a zero per la statistica della *Salute*) coincide con l'interruzione irreversibile della partita (*game over*). Tuttavia, questa soluzione convenzionale risulta incompatibile con la natura e gli obiettivi di un *serious game* progettato per la ricerca: l'interruzione prematura dei test precluderebbe la raccolta di dati preziosi sul prosieguo dell'esperienza decisionale dell'utente.

Per risolvere questo limite metodologico, il sistema sostituisce il *game over* con l'implementazione degli *eventi di collasso*. Quando la statistica della *Fatica* raggiunge la soglia critica di 100, il gioco forza un'interruzione narrativa descrivendo il cedimento fisico e la perdita di forze del protagonista. A livello sistemico, questo evento si traduce in una penalità severa ma non terminale:

- Se il protagonista viaggia con dei compagni, questi saranno costretti a intervenire per portarlo in salvo o agire al suo posto, causando una diminuzione della variabile *Coesione*.
- In determinate situazioni, il collasso comporterà una perdita di risorse materiali.

Successivamente all'evento, la *Fatica* viene forzatamente ripristinata a un valore inferiore (tipicamente 60), permettendo al giocatore di riprendere l'avventura. Questo espediente instaura un «fallimento simbolico» che punisce la gestione non oculata delle risorse e viene accuratamente tracciato dal sistema per le successive fasi di analisi dei dati. In quest'ottica, anche la statistica della *Salute* si configura come una variabile di pressione: esiste per garantire coerenza immersiva e incentivare il giocatore a ponderare le proprie scelte tattiche, pur non potendo innescare conseguenze irreversibili che arresterebbero l'esperimento.

3.3.4 Analisi delle situazioni di gioco

Di seguito vengono analizzate in dettaglio le principali situazioni ludiche che compongono il percorso. Per ciascuna di esse vengono evidenziati i punti salienti del mapping con il framework teorico e le motivazioni dietro al loro design.

L'Accampamento – Inserita strategicamente tra i vari scenari, questa *hub* narrativa isolata agisce come momento di recupero e decompressione.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Safe Planning*: La pressione ambientale viene temporaneamente sospesa, permettendo al giocatore di valutare l'inventario e pianificare le mosse future senza vincoli di tempo.
- *Persistent Game World*: Le azioni di recupero (consumare razioni, riposare) alterano le statistiche globali (*Fatica*, *Salute*), rendendole fondamentali per la preparazione al resto dell'avventura.

- **IMS Implementate:** Il nodo non applica strategie di occultamento o rivelazione informativa, ma funge da ambiente privo di minacce necessario per processare le informazioni raccolte nei nodi precedenti.

- **Logica Progettuale:** L'utente è chiamato a compiere operazioni di pura gestione (es. consumare una razione per alzare la *Salute* e dormire meglio, diminuendo la *Fatica*). Inoltre, offre l'opportunità di dialogare con i compagni, approfondendo le loro storie e aumentando la *Coesione*.

1. **La Fattoria** – Questo scenario di apertura introduce il giocatore alle meccaniche di esplorazione e ai primi dilemmi morali.

- (a) **Esplorazione iniziale** – Il protagonista si risveglia ferito sul pavimento di una cucina in rovina.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Persistent Game World*: La scelta di esplorare l'ambiente circostante incrementa la statistica *Fatica*, istruendo l'utente fin dai primi istanti sull'economia delle azioni.
- *Warning Information Flows*: I dettagli testuali (fumo all'orizzonte, tracce fresche) fungono da avvertimenti ambientali indiretti.

- **IMS Implementate:**

- *IMS1*: Il gioco fornisce frammenti visivi che abilitano la deduzione della pericolosità della zona e della probabile presenza di nemici nelle vicinanze.

- **Logica Progettuale:** La richiesta cognitiva costringe il giocatore a non muoversi alla cieca, ma a formulare ipotesi sulla sicurezza del luogo processando i testi descrittivi come veri e propri sensori di pericolo.
 - (b) **La dispensa pericolante** – Il giocatore individua un'area instabile che potrebbe contenere risorse fondamentali.
 - **Linee Guida Implementate:**
 - *Risk-Reward*: Contrapposizione diretta tra la possibilità di ottenere una risorsa molto utile (il piede di porco) e la probabilità di subire un danno fisico.
 - **IMS Implementate:**
 - *IMS3*: Il testo chiarisce immediatamente che tentare di recuperare le risorse potrebbe compromettere l'integrità strutturale dell'edificio, richiedendo al giocatore di pianificare le sue mosse ipotizzando gli effetti di un eventuale crollo (es. perdita delle risorse, danno fisico).
 - **Logica Progettuale:** La situazione impone all'utente di valutare razionalmente se il valore a lungo termine della risorsa superi il rischio fisico immediato.
 - (c) **L'incontro con Elias** – La scoperta di un soldato dell'esercito nemico, ferito e disarmato.
 - **Linee Guida Implementate:**
 - *Unpredictable Characters*: L'NPC nemico non ha un comportamento prevedibile, le sue reazioni al soccorso o all'ostilità non sono garantite.
 - *Unfamiliar Challenges*: Il giocatore è sfidato a compiere una scelta basata sull'empatia o sulla diffidenza, senza affidarsi alla pura logica.
 - **IMS Implementate:**
 - *IMS6*: Viene celato l'effetto delle scelte di interazione con Elias, richiedendo al giocatore di ipotizzare quali siano le cause della sua condizione e il modo in cui si potrebbe comportare (regole).
 - **Logica Progettuale:** L'assenza di metriche chiare costringe il giocatore a prendere una decisione basandosi unicamente sulla propria bussola etica, inaugurando il tema dell'umanizzazione del nemico. Se il giocatore decide di non aiutare Elias, otterrà il suo taccuino, scritto nella lingua del nemico e attualmente incomprensibile. Successivamente, avrà la possibilità di tradurne una parte.
2. **Il Bosco** – Il giocatore viene intercettato da Lira, un'agente sotto copertura della sua stessa fazione che lo ritiene una minaccia.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Unpredictable Characters*: Lira cambia atteggiamento dinamicamente in base a ciò che il giocatore dice o fa, e la sua diffidenza scala se Elias è presente.
- *Warning Information Flows*: Il testo segnala il nervosismo crescente della donna, avvisando dell'imminente esaurimento della sua pazienza.
- *Unfamiliar Challenges*: Il giocatore si trova in una posizione di netto svantaggio tattico e non può fare altro che assecondare Lira cercando un modo per smascherarla, al fine di evitare di cedere risorse preziose.
- *Unexpected Game Events*: Il viaggio del protagonista viene interrotto inaspettatamente dal calpestamento della mina antiuomo, facendo evolvere rapidamente la situazione e costringendo il giocatore ad affrontare un problema a cui non era preparato.

- **IMS Implementate:**

- *IMS2*: Rivelando che la mina è dell'esercito del protagonista, il giocatore comprende che non è una trappola improvvisata ma un dispositivo militare standard, permettendogli di dedurre che senza un esperto artificiere il disinnescare fai-da-te è quasi impossibile.
- *IMS5*: Nascondendo la causa della dissonanza comportamentale di Lira si richiede al giocatore di formulare ipotesi sulle regole di interazione da applicare con lei.
- *IMS7*: Rivelando la regola operativa di Lira si permette al giocatore di prevedere gli effetti dell'interazione e di scartare ipotesi su effetti negativi.

- **Logica Progettuale**: L'interazione non è un semplice albero di dialogo, ma un vero e proprio puzzle «a tempo» guidato da variabili di stato nascoste. Al giocatore viene data la possibilità di smascherare Lira raccogliendo indizi.

Tuttavia, il sistema introduce una meccanica di logoramento: ogni osservazione o domanda consuma la variabile *Pazienza* dell'NPC. Il giocatore deve bilanciare la raccolta di prove (*Forza dell'accusa*) e il mantenimento di un tono adeguato (*Rispetto*) prima che la pazienza si esaurisca. In caso di fallimento, ovvero se si lancia un'accusa prematura o si esauriscono i tentativi a disposizione, Lira non ingaggia uno scontro letale, ma penalizza il giocatore sottraendogli risorse vitali (come razioni o bende) prima di dileguarsi nel bosco.

Il livello di complessità di questo smascheramento è inoltre dinamicamente influenzato dalle scelte pregresse. Se il giocatore è accompagnato da Elias (che indossa l'uniforme nemica), la diffidenza iniziale di Lira è esacerbata:

le soglie matematiche per convincerla diventano più stringenti e la percentuale di successo cala. Al contrario, se il protagonista è solo, il processo deduttivo risulta più permissivo. Questa variazione assolve a una duplice funzione di design: da un lato, fornisce una reattività narrativa coerente (la paranoia per il nemico); dall'altro, funge da bilanciamento ludico invisibile, offrendo a un giocatore rimasto senza alleati un'opportunità leggermente facilitata di ottenere un nuovo compagno di viaggio.

3. **Il Villaggio Bruciato** – Raggiunto l'insediamento devastato, il ritmo dell'azione rallenta. Il giocatore deve esplorare le rovine in modo non lineare per raccogliere i componenti necessari a far funzionare una vecchia radio militare.

(a) **Il rifugio sotterraneo** – L'accesso a un seminterrato è bloccato da pesanti macerie, costringendo il giocatore a valutare un dispendio di energie per entrarvi.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Risk-Reward*: Il giocatore deve decidere se sacrificare preziose riserve di *Fatica* (o sfruttare il piede di porco) per accedere a risorse incerte.
- *Prospective Learning*: Il recupero di documenti sensibili fornirà conoscenze applicabili nelle fasi successive.

- **IMS Implementate:**

- *IMS1*: Il sistema rivela la presenza di corpi e documenti all'interno del rifugio, permettendo al giocatore di gestire la pianificazione strategica e dedurre l'utilità del bottino.

- **Logica Progettuale**: La sfida richiede una valutazione costi-benefici puramente gestionale per l'accesso. Una volta all'interno, la narrazione si adatta dinamicamente: oltre alla nota contenente la frequenza radio (necessaria per il nodo successivo), la presenza dei compagni apre biforcazioni sistemiche cruciali. Se Lira fa parte del gruppo, riconoscerà il cadavere di un disertore alleato e permetterà di rinvenire la mappa del *Valico Montano*. Questo evento non è solo narrativo, ma sblocca di fatto un'intera macro-area di gioco altrimenti inaccessibile, espandendo lo spazio decisionale del giocatore.

(b) **Il mercante nel granaio** – Incontro con uno sciacallo armato che possiede il manuale di decrittazione della radio.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Unpredictable Characters*: Lo sciacallo costituisce un ostacolo all'ottenimento di una risorsa importante e il limite della sua pazienza non è esplicito.

- **IMS Implementate:**
 - *IMS6*: Viene celato l'effetto dell'interazione con il mercante, costringendo l'utente a testare l'efficacia del baratto o della minaccia in base alle proprie risorse.
 - **Logica Progettuale:** Questo nodo impone una scelta di approccio sociale. Il giocatore può decidere di cedere risorse per comprare il manuale (se ha qualcosa da barattare), oppure tentare l'intimidazione. Tuttavia, il sistema valuta silenziosamente la «forza» del gruppo: una minaccia avrà successo solo se supportata da superiorità numerica o armi da fuoco, altrimenti si tradurrà in un fallimento e in un potenziale scontro.
- (c) **La casa di comando e la radio** – L'utilizzo del macchinario centrale per intercettare comunicazioni.
- **Linee Guida Implementate:**
 - *Unfamiliar Challenges*: Il puzzle di calibrazione si discosta dalle logiche di sopravvivenza viste in precedenza.
 - **IMS Implementate:**
 - *IMS7*: Procedere a caso senza conoscere le regole di sintonizzazione della radio rischia di romperla. Il giocatore ha bisogno delle informazioni esterne (frequenza e manuale) per risolvere il problema in modo sicuro.
 - **Logica Progettuale:** Questa sotto-situazione costituisce il fulcro dell'area. Inizialmente la radio è inutilizzabile. Il giocatore deve decidere quanto investire nell'esplorazione prima di testare il sistema: tentare la calibrazione «alla cieca» porta alla rottura definitiva del dispositivo, precludendo l'accesso a informazioni vitali. Provare solo con la frequenza risulta difficile, ma non impossibile. Possedere frequenza e manuale permette invece di superare la sfida in sicurezza.
- (d) **Il bivio strategico** – Sulla base delle informazioni ottenute dalla radio, il giocatore deve compiere una scelta tra due scenari mutuamente esclusivi. L'eventuale successo nell'uso della radio sblocca opzioni logiche specifiche che mitigano l'incertezza, pur non rendendo banale la sfida.
- **Linee Guida Implementate:**
 - *Guiding Game Environment*: Il testo riassume le informazioni apprese in un *briefing* utile a guidare il giocatore verso la scelta che trova più opportuna in base al suo stato attuale.
 - *Safe Planning*: Il giocatore può riflettere liberamente sulle informazioni che ha a disposizione e pianificare senza fretta le sue prossime mosse

- *Game Goals*: Il giocatore è chiamato a scegliere il percorso da seguire, identificando il prossimo obiettivo tra due scelte possibili.

- **IMS Implementate:**

- *IMS7*: Rivelando (totalmente o parzialmente, in base all'esito della calibrazione della radio) le condizioni dei due percorsi, il giocatore deve formulare un'ipotesi su quale sia quello più sostenibile per il suo stato attuale.

4. **La Strada Militare** – Il giocatore affronta un ambiente pattugliato dai nemici. Se nel villaggio ha decrittato le trasmissioni tramite la radio, conosce l'orario del cambio della guardia, sbloccando un'opzione di attesa strategica che riduce l'incertezza iniziale. Superata la fase introduttiva, il cuore del livello impone un bivio fondamentale.

- (a) **La via dei magazzini** – Procedere attraverso i vecchi depositi offre parziale copertura, ma introduce una vicinanza pericolosa alle truppe.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Guiding Game Environment*: Le descrizioni testuali si soffermano sui dettagli ambientali (es. presenza di nemici, specifici container dall'aspetto particolare), fornendo al giocatore le informazioni necessarie per visualizzare la situazione in cui si trova il protagonista.
- *Unexpected Game Events*: Commettere errori incrementa la variabile nascosta di *Notorietà*, che culmina nell'evento imprevisto di essere scoperti da una pattuglia, forzando una ricalibrazione immediata della rotta. Inoltre, il guasto del camion costituisce un evento imprevisto che costringe il giocatore ad aggiornare la sua strategia.
- *Risk-Reward*: Il giocatore deve soppesare l'opportunità di ottenere bottino prezioso frugando nei container e l'alto rischio di far scattare l'allerta nemica.

- **IMS Implementate:**

- *IMS4*: Il livello di allerta delle guardie non è una variabile numerica consultabile dal giocatore, che deve quindi valutare attentamente come muoversi per evitare di essere scoperto.
- *IMS5*: Rivelando il motivo della sosta di un veicolo (guasto meccanico), il giocatore deve dedurre le nuove regole che governano la situazione. Il fatto che i soldati siano fermi invalida il piano precedente e richiede di adattare la propria strategia alla nuova situazione.

- **Logica Progettuale:** I magazzini offrono potenziale bottino ma introducono una meccanica nascosta di *Notorietà*. Durante l'attraversamento, il protagonista si imbatte in un container il cui aspetto attira la sua attenzione, portando il giocatore a valutare se provare ad entrare per recuperare potenziali risorse (granata fumogena) o evitare il rischio di allertare le guardie. Successivamente, il protagonista si imbatte in un camion che si ferma per un guasto meccanico, attirando i soldati nemici. Il giocatore dovrà decidere se usare il fumogeno per coprire il suo passaggio, procedere furtivamente o sfruttare la distrazione dei soldati. Se l'allerta delle guardie raggiunge il limite, il giocatore viene costretto ad una fuga anticipata e dispendiosa.
- (b) **Il canale di scolo** – Calarsi nel canale di scolo rappresenta l'alternativa tattica alla rotta dei magazzini, privilegiando l'occultamento totale a scapito della resistenza fisica.
- **Linee Guida Implementate:**
 - *Risk-Reward*: Si baratta la sicurezza tattica garantita dall'occultamento con un severo e matematico logoramento della statistica *Fatica* a causa dell'ambiente estremo.
 - *Warning Information Flows*: Le descrizioni testuali avvertono il giocatore dei movimenti nemici e dell'imminente sosta del veicolo esattamente sopra la sua posizione.
 - **IMS Implementate:**
 - *IMS5*: Rivelando il motivo della sosta di un veicolo (guasto meccanico), il giocatore deve dedurre le nuove regole che governano la situazione. Il fatto che i soldati siano fermi invalida il piano precedente e richiede di adattare la propria strategia alla nuova situazione.
 - **Logica Progettuale:** Il canale azzera il rischio di essere scoperti visivamente, ma drena pesantemente la *Fatica* a causa del fango e del freddo gelido. La situazione degenera quando un camion subisce un guasto e si ferma esattamente sopra la grata in cui il giocatore è nascosto. Il giocatore deve scegliere tra due approcci rischiosi: restare immobile nell'acqua gelida aspettando che i soldati ripartano (subendo un malus estremo alla *Fatica*) oppure tentare di forzare la grata per fuggire, incrementando drasticamente il rischio di allerta.
- (c) **La fuga e il taccuino** – Il protagonista viene scoperto dai soldati nemici ed è costretto alla fuga disperata. Successivamente, raggiunge una zona sicura nei boschi, dove il calo della tensione lascia spazio a una rivelazione tematica.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Prospective Learning*: La traduzione del taccuino impone al giocatore di assimilare una nuova prospettiva etica, aggiornando il proprio modello mentale e influenzando il modo in cui percepirà i soldati ostili negli scenari successivi.

- **IMS Implementate:**

- *IMS3*: Se il giocatore viene scoperto prematuramente, viene rivelato l'effetto delle sue azioni e del grado di allerta delle guardie, causando la situazione di fuga. Il giocatore deve quindi ipotizzare quali saranno gli effetti delle sue prossime scelte per sopravvivere.
- *IMS4*: Rivelando i pensieri intimi di Elias, si predispone l'utente a gestire la dissonanza cognitiva e ad aggiornare la regola mentale con cui identifica il nemico.

- **Logica Progettuale:** La sezione si articola in due fasi conseguenti. Inizialmente il giocatore è costretto a una fuga disperata verso il bosco, durante la quale può utilizzare alcune risorse per coprire la sua corsa disperata (granata fumogena, pistola e proiettili) e la sua fatica può aumentare fino alla soglia critica, portandolo al collasso. In questa situazione, la *Coesione* detta il modo in cui Elias, se presente, perderà la vita. Se tale variabile è sufficientemente alta, si sacrificherà per coprire la ritirata del protagonista, altrimenti si separerà da lui durante la fuga e verrà colpito dai proiettili degli inseguitori.

Raggiunta la zona sicura, e durante il momento di riposo, si sblocca un'interazione altamente specifica. Se il giocatore ha ottenuto il dizionario bilingue rubandolo dal container o recuperandolo nel canale di scolo e possiede il taccuino di Elias (ottenuto all'inizio del gioco alla fattoria, se Elias non si è unito al gruppo), può tradurlo autonomamente. Non apportando alcun vantaggio meccanico per la sopravvivenza, questo micro-evento narrativo serve unicamente ad abbattere la distanza psicologica, sfidando l'utente a riconoscere la profonda umanità di coloro che sta cercando di eludere.

5. **Il Valico Montano** – Scegliendo la rotta d'alta quota, il giocatore affronta un ambiente estremo e disumanizzante, sferzato dal vento gelido e caratterizzato da infrastrutture in rovina. A differenza della strada militare, qui l'incertezza non è dettata dalla presenza nemica, ma dal logoramento delle risorse fisiche.

- (a) **L'Avamposto dei minatori** – Il protagonista raggiunge una struttura il cui interno è parzialmente bloccato da un crollo. Oltre le macerie si intravedono delle anomale casse di legno di fattura militare.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Prospective Learning*: Se il giocatore ha decrittato il messaggio radio nel villaggio può facilmente ipotizzare che le casse militari nascondano equipaggiamento vitale per sopravvivere al gas.
 - *Risk-Reward*: Il giocatore deve valutare se investire le proprie energie o sfruttare l'equipaggiamento (piede di porco) e i compagni per superare un ostacolo fisico.
 - *Unpredictable Characters*: La scoperta di una singola risorsa salvavita in presenza di più alleati innesca reazioni di fiducia o sospetto basate sul livello attuale di *Coesione*.
 - **IMS Implementate:**
 - *IMS1*: Rivelare la presenza di casse di equipaggiamento militare in un avamposto civile abbandonato permette al giocatore di interrogarsi e formulare ipotesi sul loro contenuto.
 - **Logica Progettuale**: Il nodo richiede la risoluzione di un problema di logistica e fatica. Per raggiungere le casse, il giocatore deve superare il crollo scegliendo l'approccio migliore: usare un attrezzo (minimizzando lo sforzo), chiedere aiuto ai compagni (aumentando la *Coesione* e limitando il consumo di *Fatica*) o forzare a mani nude (subendo un grave malus fisico). Superato l'ostacolo, l'apertura delle casse innesca un dilemma: vi è una sola maschera antigas funzionante. Se il protagonista è in gruppo, il sistema interroga la variabile nascosta *Coesione* per determinare le reazioni degli NPC. Un'alta coesione genera un'accettazione logica e rassegnata della situazione da parte di Elias e Lira, mentre una bassa coesione innesca sospetti e timori, preparando il terreno psicologico per le drammatiche decisioni di sopravvivenza nel tunnel imminente.
- (b) **Il ponte sospeso** – Prima di addentrarsi nelle viscere della montagna, il giocatore deve superare una gola attraversando ciò che resta di un ponte.
- **Linee Guida Implementate:**
 - *Prospective Learning*: Aver ascoltato e compreso le comunicazioni radio nel villaggio fornisce preziose informazioni sulla tenuta strutturale, avvertendo della pericolosità di movimenti rapidi o pesi eccessivi.
 - *Warning Information Flows*: Il testo fornisce avvertimenti ambientali indiretti descrivendo lo stato fatiscente della struttura, le assi marce e l'intensità delle raffiche di vento.
 - *Unexpected Game Events*: Il cedimento improvviso della struttura sotto il peso di un compagno forza un'azione di salvataggio imprevista e critica.

- *Risk-Reward*: Il giocatore è costretto a bilanciare la propria scelta tattica, pagando la sicurezza dell'attraversamento in termini di pura *Fatica* o esponendosi al rischio di traumi fisici e alla perdita di un alleato.

- **IMS Implementate:**

- *IMS2*: Il testo descrive lo stato della struttura e le condizioni ambientali, fornendo gli indizi per valutare la stabilità del passaggio.

- **Logica Progettuale:** Questo ostacolo fisico richiede una complessa valutazione meccanica e gestionale. Analizzando la struttura, il giocatore ha l'opportunità di sfruttare un oggetto dell'inventario (il piede di porco) per rompere il ghiaccio e sbloccare un cavo d'acciaio, abilitando così un nuovo e più sicuro metodo di attraversamento.

Lo scenario impone di scegliere come procedere: strisciare (richiede altissimo consumo di *Fatica* ma garantisce aderenza), correre (veloce ma altamente instabile) o usare il cavo liberato (costo energetico bilanciato). Se Elias è nel gruppo, il suo movimento provoca un cedimento imprevisto. Il giocatore deve decidere se tentare di afferrarlo o lasciarlo cadere per salvarsi. Le probabilità di successo del salvataggio non sono casuali, ma dipendono da un calcolo matematico nascosto: il sistema modifica dinamicamente una soglia limite di *Fatica* in base al metodo di attraversamento scelto in precedenza (es. aver scelto di correre abbassa drasticamente le probabilità di riuscita). Se la *Fatica* accumulata dal giocatore supera questa soglia, la presa cederà inesorabilmente portando alla scomparsa temporanea del compagno e ad una diminuzione della *Coesione*. Questa situazione trasforma la navigazione ambientale in un brutale e rigoroso calcolo di sopravvivenza basato sulle proprie statistiche vitali.

- (c) **Il tunnel e il gas** – Superato il baratro, il percorso prosegue all'interno di tunnel minerari bui e saturi di gas tossico.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Warning Information Flows*: La descrizione di segnali visivi come il fumo verde nell'aria fungono da allarme imminente prima di incorrere in malus letali.
- *Risk-Reward*: Una sfida estrema in cui il giocatore deve continuamente decidere se erodere le proprie variabili vitali per assistere i compagni che necessitano ossigeno.

- **IMS Implementate:**

- *IMS7*: Rivelare la presenza di una via alta più sicura e di una bassa satura di gas per attraversare il tunnel porta il giocatore

ad interrogarsi su quale sia il modo migliore per affrontare la situazione.

- **Logica Progettuale:** L'attraversamento rappresenta un problema combinatorio complesso in cui le variabili si moltiplicano: la presenza o la rottura della maschera, l'uso di strumenti per forzare rapidamente passaggi bloccati (come il piede di porco, che fa risparmiare tempo vitale) e la presenza di eventuali alleati. Se il giocatore è accompagnato da Elias o Lira, la sfida si amplia: nel caso in cui giocatore abbia recuperato sia il piede di porco (alla fattoria) che la maschera antigas, potrà scegliere di dividere il gruppo in una squadra che dovrà affrontare il gas tossico con la maschera e una che si aiuterà con il piede di porco per arrampicarsi su una passerella sopraelevata, dove l'aria è respirabile. Invece, nel caso in cui l'intero gruppo si trovi nel gas, questo durerà le forze dei compagni e il protagonista dovrà decidere se rallentare per aiutarli o proseguire. Lo scenario impone quindi un bilanciamento tra l'istinto di autoconservazione e il mantenimento etico della *Coesione* del gruppo.

(d) **L'eremita** – Uscito dai tunnel, il giocatore raggiunge una struttura dismessa dove incontra la figura di un Eremita cinico e isolato.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Prospective Learning*: L'assimilazione della visione nichilista dell'eremita e la sua cruda critica preparano il giocatore alla risoluzione del finale dell'esperienza narrativa.
- *Unfamiliar Challenges*: Il giocatore affronta un conflitto verbale e morale atipico in cui non sono in gioco risorse materiali, bensì le convinzioni etiche che lo hanno spinto fino a quel punto.

- **IMS Implementate:**

- *IMS5*: Attraverso i dialoghi con l'eremita vengono parzialmente svelate le cause della sua visione nichilista, favorendo una riflessione da parte del giocatore sulla guerra e su ciò che comporta.

- **Logica Progettuale:** L'incontro si apre con una scelta di approccio: minacciare l'uomo armi in pugno o mostrare le mani vuote per chiedere pacificamente ospitalità. Questa decisione ha un impatto meccanico immediato sulle variabili vitali, poiché solo un approccio pacifico permette al giocatore di ricevere cure e cibo (abbassando la *Fatica* e recuperando *Salute*). Successivamente, l'eremita pone un dilemma puramente etico, affermando che i soldati non sono altro che «variabili in un'equazione che è già stata risolta». Il confronto verbale funge da cerniera tematica.

In questo contesto si sblocca un'interazione fondamentale: se il giocatore non è accompagnato da Elias (abbandonato in precedenza) ma possiede il taccuino recuperato alla fattoria, notando l'accento nemico dell'eremita, potrà chiedergli di tradurlo. L'anziano legge con totale cinismo le lettere del soldato alla figlia Sofie e il suo desiderio di non toccare mai più un fucile, per poi lanciare il taccuino addosso al protagonista, commentando freddamente che ora quell'uomo è solo «cibo per vermi». A differenza della strada militare (dove la decifrazione è autonoma e intima), qui l'umanizzazione del nemico si scontra con l'apatia di terzi e innesca una cruda presa di coscienza interiore: il gioco fa realizzare all'utente di aver disumanizzato un uomo che voleva solo tornare a casa.

6. **Il Confine** – Il confine rappresenta l'obiettivo macroscopico dell'intera esperienza. Dopo essersi lasciato alle spalle i convogli della strada militare o i fumi tossici del valico montano, il giocatore raggiunge una desolata terra di nessuno sferzata dalla pioggia, un mare di fango costellato di trincee e filo spinato. Da un punto di vista del game design, questa sezione finale non introduce nuove sfide sistemiche complesse o puzzle logistici, ma funge da chiusura tematica. La biforcazione tra i due epiloghi dipende dalla risoluzione sistemica delle decisioni prese nei nodi precedenti (l'aver raggiunto il finale con almeno un compagno o l'essere rimasti soli), portando a due epiloghi profondamente diversi.

(a) **Finale 1** – Condizione in cui il giocatore giunge al confine accompagnato da almeno un compagno (Elias e/o Lira).

- **Linee Guida Implementate:**

- *Game Goals*: Raggiungimento dell'obiettivo finale affrontando un ultimo test di cooperazione e umanità.
- *Prospective Learning*: Validazione o definitivo rigetto del modello mentale empatico costruito durante la partita.

- **IMS Implementate:**

- *IMS6*: Nascondendo gli effetti tattici e pratici del salvare o ignorare il ragazzo intrappolato, il sistema costringe il giocatore a decidere basandosi esclusivamente sulle regole etiche che ha costruito durante il viaggio.

- **Logica Progettuale:** A un passo dalla salvezza, il gruppo si imbatte in un giovane soldato nemico incastrato sotto una trave d'acciaio. Si innesca uno stallo morale che riflette le scelte del viaggio: Lira (se presente) punta l'arma per eliminarlo seguendo la fredda logica militare, mentre Elias (se presente) si fa scudo con il proprio corpo per

proteggere il ragazzo. Il gioco pone il giocatore di fronte a un'ultima scelta: aiutarlo o ignorarlo. Ignorare il ragazzo garantisce un passaggio rapido, ma causa il disgusto di Elias (che abbandona il gruppo). Al contrario, spendere l'ultima *Fatica* residua per sollevare la trave non porta alcun vantaggio tattico, ma salva il giovane. Questa azione spezza simbolicamente la logica spietata della guerra.

- (b) **Finale 2** – Condizione in cui il giocatore giunge al confine da solo (avendo abbandonato o lasciato morire Elias e Lira), deprivato di empatia.

- **Linee Guida Implementate:**

- *Game Goals*: Raggiungimento dell'obiettivo macroscopico in condizioni disperate e di isolamento.
- *Prospective Learning*: L'acquisizione definitiva della tematica alienante del gioco.

- **IMS Implementate:**

- *IMS5*: Girando il corpo per cercare risorse, il giocatore rivela la causa dell'anonimato del morto (il volto coperto di fango e sangue). Questa scoperta costringe il giocatore a comprendere la regola finale della guerra.

- **Logica Progettuale**: Trovando un cadavere nel fango, il protagonista lo saccheggia per puro istinto di sopravvivenza. Girando il corpo per frugarlo, scopre che la bisaccia è vuota, ma è costretto a fissare gli occhi vitrei del morto. Se il giocatore aveva precedentemente tradotto il taccuino di Elias, il testo rievoca le lettere alla figlia Sofie, collegando l'identità del morto a quella promessa spezzata. Successivamente, sporgendosi verso una pozzanghera, il protagonista scopre che il proprio volto, coperto di sangue e fango, è ormai identico a quello del cadavere, conducendo il giocatore verso un'ultima riflessione sul tema della disumanizzazione del nemico e la percezione della distanza tra «noi» e «loro».

3.4 Architettura software e ingegneria del sistema

Per tradurre il complesso impianto teorico del *game design* in un applicativo interattivo in cui lo stato del sistema e le scelte del giocatore vengono rigorosamente tracciati dal sistema, l'ingegnerizzazione del software ha richiesto l'adozione di un'architettura ibrida, modulare e fortemente disaccoppiata. Questa sezione illustra le fondamentali tecniche del progetto, focalizzandosi sulle motivazioni che hanno

guidato il *software design* e su come le scelte ingegneristiche supportino intrinsecamente i requisiti del CPS e la raccolta silente dei dati per la sperimentazione empirica.

Nelle sottosezioni seguenti verranno analizzate in dettaglio le ragioni metodologiche alla base della scelta degli strumenti di sviluppo, i paradigmi e i *design pattern* architetturali adottati, la compenetrazione tecnica tra il motore di gioco e il linguaggio di *scripting* narrativo e, infine, la strutturazione dell'infrastruttura di telemetria necessaria all'analisi quali-quantitativa della tesi.

3.4.1 La scelta degli strumenti: Unity e Ink

L'architettura software del *serious game* è stata progettata con il duplice obiettivo di supportare un design ludico complesso e di garantire la rigorosa raccolta di dati empirici necessaria per la validazione delle ipotesi di ricerca. A tal fine, lo *stack* tecnologico selezionato si basa sull'integrazione tra il motore di gioco Unity e il linguaggio di *scripting* narrativo Ink.

L'adozione di Unity come motore di riferimento è motivata, in primo luogo, dalla pregressa conoscenza dell'ambiente di sviluppo, fattore che ha permesso di abbattere la curva di apprendimento tecnico e concentrare le risorse su design e implementazione. L'infrastruttura di Unity offre una buona velocità di iterazione, supportata dall'ampiezza del suo *asset store*. Dal punto di vista della ricerca empirica, il vantaggio metodologico principale risiede nella flessibilità di Unity nel supportare l'estrazione di statistiche a *runtime* per la raccolta dati.

Per quanto concerne la gestione della complessa ramificazione narrativa, l'utilizzo esclusivo delle funzionalità del motore di gioco e del linguaggio C# per sviluppare e governare ampi alberi decisionali e narrativi avrebbe dilatato sensibilmente il tempo di sviluppo. Pertanto, il progetto ha integrato Ink, un linguaggio specificamente progettato per lo sviluppo di narrazioni interattive non lineari. La solidità di questo strumento è ampiamente dimostrata dal suo utilizzo come standard nell'industria videoludica per i titoli narrativi sviluppati in Unity. Numerosi giochi commerciali di successo, caratterizzati da intrecci ramificati complessi e gestione avanzata dello stato, si basano sull'integrazione tra Unity e Ink: ne sono un esempio titoli che hanno incontrato il favore del pubblico come il recentissimo *Esoteric Ebb* (Christoffer Bodegård, 2026) [22], *Overboard!* (inkle, 2021) [23], *Heaven's Vault* (inkle, 2019) [24] e *Sable* (Shedworks, 2021) [25]. L'adozione di una tecnologia estensivamente testata in ambito commerciale garantisce la stabilità e l'affidabilità necessarie per un progetto di ricerca sperimentale.

Inoltre, Ink risponde a tre requisiti architetturali cruciali per l'implementazione del gioco:

- **Separazione delle responsabilità:** permette di isolare nettamente il design della storia e la stesura dei contenuti dalla programmazione dell'applicativo, garantendo una maggiore manutenibilità del progetto.
- **Serializzazione nativa dello stato:** il motore mantiene traccia dell'intero percorso narrativo esplorato dal giocatore, una funzionalità di inestimabile valore per la successiva esportazione e analisi scientifica delle tracce comportamentali.
- **Interoperabilità sistemica:** offre meccanismi di *binding* profondo con il motore di gioco, consentendo alle scelte puramente narrative di tradursi istantaneamente in conseguenze logiche e sistemiche governate dal codice C#.

3.4.2 Paradigmi di sviluppo

La strutturazione architeturale del *serious game* è stata concepita con un rigoroso approccio ingegneristico, al fine di garantire la scalabilità, la manutenibilità e la flessibilità necessarie a supportare le continue iterazioni richieste dal *game design*. Il progetto abbraccia integralmente il paradigma a componenti intrinseco di Unity, favorendo la riusabilità e la composizione dei comportamenti.

Al centro dell'infrastruttura vi è una rigida applicazione del principio di separazione delle responsabilità. I principali domini logici dell'applicativo, quali la narrazione, la gestione dello stato del giocatore, l'interfaccia utente, l'acquisizione degli *input* e la raccolta delle metriche, sono incapsulati in sistemi distinti che non presentano accoppiamenti diretti. Per far comunicare tali sistemi, l'applicativo adotta un paradigma di programmazione guidata dagli eventi (*event-driven*). Sfruttando gli eventi nativi di C#, i sistemi che producono informazioni sono disaccoppiati da quelli che le consumano. Un esempio emblematico è la gestione delle variazioni dello stato fisico del protagonista (*Salute* e *Fatica*): la modifica di un parametro emette un evento che l'interfaccia grafica recepisce passivamente per aggiornarsi, senza che il gestore delle statistiche debba conoscere l'esistenza o la struttura della *UI*.

Per risolvere problematiche ricorrenti e ottimizzare le prestazioni, il *software design* fa un uso mirato di specifici *pattern* architeturali:

- **Architettura basata su Scriptable Objects:** questo *pattern* è stato impiegato per la creazione di *database* di oggetti (come risorse e compagni), per definire la struttura delle informazioni immutabili ad essi associati e per il disaccoppiamento del modulo di gestione dell'*input*. Gli **Scriptable Objects** fungono da contenitori di dati condivisi e canali di comunicazione indipendenti dalla scena corrente, eliminando le dipendenze *hardcoded*.

- **Singleton e PersistentSingleton:** i sistemi che richiedono un punto di accesso globale e centralizzato sono stati implementati tramite il *pattern Singleton*. Il progetto distingue tra *manager* specifici per la singola scena (che vengono distrutti per evitare stati inconsistenti) e *manager* persistenti (*PersistentSingleton*) che sopravvivono ai cambi di scena, come quelli delegati alla gestione trasversale del ciclo di vita dell'applicazione.
- **Observer pattern per il game loop:** l'implementazione di *manager* centralizzati per il ciclo di aggiornamento nasce dall'esigenza di ottimizzare le prestazioni del motore di gioco. Assegnare i metodi nativi (`Update`, `FixedUpdate`, `LateUpdate`) a numerosi singoli componenti risulta infatti meno efficiente rispetto alla gestione di un unico punto di controllo. Attraverso l'adozione dell'*observer pattern*, gli *script* che necessitano di un aggiornamento continuo si registrano a tali *manager* implementando specifiche interfacce di sottoscrizione. Sarà poi il *manager* stesso, dall'interno del proprio ciclo nativo in Unity, a orchestrare e richiamare a cascata le logiche di tutti i componenti iscritti. Questo approccio centralizzato offre due vantaggi architetturali fondamentali: in primo luogo, estende la possibilità di sincronizzarsi con il ciclo di vita di Unity anche alle classi C# native (non vincolate alla classe `MonoBehaviour`); in secondo luogo, permette di organizzare i *subscriber* in base a precisi livelli di priorità, garantendo un controllo assoluto e deterministico sull'ordine di esecuzione delle istruzioni all'interno di ogni singolo *frame*.
- **Interfacce e Dependency Inversion:** in ossequio ai principi *SOLID*, il codice C# fa largo uso di interfacce (come `IStorage` per i contenitori o `IUpdateObserver` per il *game loop*) per definire contratti chiari tra i sistemi. I moduli di alto livello dipendono esclusivamente da queste astrazioni e mai dalle implementazioni concrete, garantendo un'architettura in cui i singoli componenti (ad esempio il sistema di inventario) possono essere sostituiti o modificati senza generare rotture nel codice che le utilizza. A supporto di questo paradigma, è stata sviluppata una *custom utility* (`InterfaceReference`) per consentire la serializzazione delle interfacce all'interno dell'*inspector* di Unity, una funzionalità non supportata nativamente dal motore. Questo *wrapper* generico permette di assegnare direttamente dall'editor i riferimenti agli *script* unicamente sulla base delle interfacce da essi implementate. Tale soluzione espande notevolmente le possibilità di creare sistemi modulari, flessibili e altamente manutenibili.

3.4.3 L'integrazione di Ink in Unity

Affinché l'esperienza interattiva possa configurarsi come un reale ambiente di *Complex Problem Solving*, le scelte narrative intraprese dal giocatore non devono

limitarsi a ramificare il testo, ma devono tradursi in conseguenze sistemiche e tangibili all'interno dello stato di gioco.

Da un punto di vista architetturale, è fondamentale premettere che il *runtime* nativo di Ink per C# opera in modo completamente agnostico rispetto al livello di presentazione. Il motore narrativo si limita a gestire la macchina a stati della storia, la valutazione delle condizioni logiche e l'avanzamento del flusso testuale, esponendo un'API che restituisce unicamente dati grezzi (stringhe di testo, tag o liste di scelte disponibili). Questa totale assenza di un'interfaccia grafica predefinita garantisce al programmatore la massima libertà di decidere come, dove e in quali tempistiche il testo debba essere renderizzato a schermo, favorendo un disaccoppiamento assoluto tra la logica narrativa e il comparto visivo.

Per realizzare questa interoperabilità e colmare il divario tra i dati testuali grezzi e il motore grafico, l'architettura si avvale di una serie di componenti fondamentali che fungono da ponte strutturato. I contributi principali di questa integrazione si articolano nei seguenti moduli:

- **Orchestrazione del flusso:** implementato seguendo il *pattern Singleton* per garantirne l'accesso centralizzato, lo script **StoryManager** rappresenta il fulcro dell'esecuzione narrativa. Ha la responsabilità di istanziare l'oggetto **Ink.Runtime.Story**, analizzare l'albero narrativo e orchestrare l'interfaccia utente. Oltre a gestire la visualizzazione progressiva del testo e la presentazione dinamica dei nodi di scelta, lo **StoryManager** espone eventi C# nativi (come **OnStoryEnter** e **OnStoryExit**) che notificano agli altri moduli l'inizio e la fine di una situazione ludica, innescando transizioni di stato generali senza introdurre accoppiamenti diretti.
- **Persistenza dello stato globale:** sebbene Ink gestisca autonomamente le variabili locali della singola storia, la struttura sistemica del gioco richiede la persistenza di parametri condivisi attraverso l'intero grafo delle decisioni. Per risolvere questa frammentazione, il progetto adotta un file master denominato **Globals.ink**, che agisce come registro centralizzato delle variabili diegetiche. A livello applicativo, lo **StoryVariablesRegistry** inietta questo stato globale all'interno del *runtime* di Ink all'avvio di ogni frammento narrativo; al termine della sequenza, estrae i valori aggiornati e li memorizza, garantendo una coerenza di stato assoluta e serializzabile.
- **Interoperabilità bidirezionale:** la mutazione effettiva delle variabili di gioco e l'interazione con i sistemi esterni sono demandate a una classe che mappa le *routine* logiche di Unity con le funzioni **EXTERNAL** dichiarate negli *script* Ink. Ai fini della presente trattazione non si entrerà nel dettaglio dell'implementazione delle singole funzioni; tuttavia, è fondamentale sottolineare che i sistemi di gioco scritti in C# fanno un uso avanzato di *reflection*, *pattern matching* e

di un'attenta gestione dei tipi. Questo garantisce che le chiamate ai metodi provenienti da Ink e i relativi parametri passati, nativamente incapsulati in oggetti generici di tipo `Ink.Runtime.Object`, vengano correttamente decodificati, validati e sottoposti a *casting* verso i tipi C# corrispondenti, assicurando un'esecuzione sicura e robusta della logica di gioco.

Questo paradigma fortemente disaccoppiato permette all'autore di scrivere comandi narrativi ad alto livello che modificano sistemicamente l'ambiente (es. sottraendo risorse o aggiornando il valore delle variabili di stato), operando come un vero e proprio sistema di interazione ludica.

3.4.4 Tracciamento comportamentale e telemetria per la validazione del CPS

La validazione empirica del framework CPS-GFC, obiettivo centrale del presente lavoro di ricerca, richiede la capacità di misurare oggettivamente le risposte comportamentali e cognitive del giocatore di fronte a problemi complessi e scenari di incertezza. A tal fine, l'architettura del sistema è stata ingegnerizzata operando una netta separazione strutturale tra i dati che definiscono lo stato diegetico del mondo di gioco e le metriche di telemetria silente utilizzate per l'analisi scientifica.

Questa dicotomia si concretizza nell'implementazione di due sistemi paralleli: le `GlobalStats` e le `RuntimeStats`.

Le `GlobalStats` rappresentano le variabili narrative, intrinsecamente legate all'esperienza ludica. Esse modellano quantitativamente le dimensioni critiche del sistema complesso in cui opera il giocatore, declinate in parametri come *Salute*, *Fatica* e *Coesione* del gruppo. A livello implementativo, il `GlobalStatsManager` incapsula tali parametri in oggetti reattivi (come la classe `IntStat`), i quali garantiscono il mantenimento dei valori entro *range* matematici validi e notificano autonomamente le variazioni alla *UI* tramite l'emissione di eventi C#. Questo approccio permette al giocatore di ricevere un *feedback* sistemico immediato, stimolando i processi di *resource management* e ripianificazione strategica.

Parallelamente, il sistema impiega le `RuntimeStats` per il tracciamento analitico della sessione. Queste metriche, del tutto invisibili al giocatore, registrano le tracce comportamentali oggettive: numero di scelte effettuate, nodi esplorati, tempo di permanenza e utilizzo delle risorse. Per garantire massime prestazioni e non inficiare l'esperienza di gioco, le `RuntimeStats` sono implementate tramite *array* statici a basso *overhead*, indicizzati da enumerazioni fortemente tipizzate (es. `IntRuntimeStat`) che assicurano un tempo di accesso costante ($O(1)$) e zero allocazioni dinamiche in memoria durante la partita.

Il tracciamento analitico si estende in modo pervasivo anche all'interno del motore narrativo. Negli *script* Ink sono state inserite specifiche variabili di telemetria

silente che si attivano unicamente per marcare l'adozione di determinate euristiche, la percezione di specifiche *affordances* o la risoluzione di dilemmi morali, catturando sfumature decisionali difficilmente tracciabili dal solo motore fisico o logico.

Il punto di convergenza di questa infrastruttura di *analytics* è rappresentato dallo **StatsExporter**. Al termine della sessione di gioco, questo componente si occupa di aggregare e serializzare i dati raccolti all'interno di un file JSON strutturato. Il documento generato unifica due domini informativi essenziali:

- **StoryStats**: una fotografia esatta delle variabili di Ink (inclusi i *flag* di telemetria *CPS_**) al momento della conclusione, che documenta gli esiti sistemici e le conseguenze a lungo termine delle azioni intraprese.
- **GameplayStats**: il resoconto quantitativo delle *RuntimeStats*, che descrive il comportamento interattivo osservabile a livello di *gameplay*.

L'*output* così prodotto, salvato univocamente per ciascuna sessione, fornisce il *dataset* grezzo, scientificamente misurabile e analizzabile, che costituirà la base per la valutazione delle *Research Questions* affrontate nel prossimo capitolo.

3.5 Interfaccia utente come strumento cognitivo e gestione del feedback

In assenza di un ambiente spaziale tridimensionale tipico dei videogiochi d'azione o di esplorazione, l'interfaccia utente di un'avventura testuale non si limita a sovrapporsi al gioco, ma diviene essa stessa il «mondo fisico» con cui l'utente interagisce. Nel contesto dello sviluppo del *serious game* in oggetto, l'interfaccia e il relativo sistema di *feedback* sono stati progettati per assumere il ruolo di un'estensione cognitiva per il giocatore, configurandosi come uno degli strumenti utilizzati per la modulazione attiva dell'incertezza. I paragrafi seguenti illustrano come le scelte di design visivo e di ingegnerizzazione del *software* siano state guidate dalla necessità di supportare, e al contempo sfidare, i processi decisionali del solutore.

3.5.1 L'interfaccia come «ambiente logico» e memoria esterna

Affrontare un problema complesso richiede l'elaborazione simultanea di molteplici variabili interconnesse, un processo che rischia di esaurire rapidamente le risorse della memoria di lavoro dell'utente, generando sovraccarico cognitivo. In quest'ottica, l'HUD dell'applicativo è stato concepito per fungere da vera e propria memoria esterna. Strutturando visivamente l'inventario, lo stato del gruppo e le

risorse a disposizione, l'interfaccia solleva il giocatore dall'onere di dover ricordare mnemonicamente i parametri logistici, permettendogli di concentrare le proprie energie cognitive sulla valutazione strategica delle scelte narrative.

Questa cornice visiva costante definisce l'«ambiente logico» del sistema complesso. Fornendo un accesso strutturato e invariabile alle informazioni di stato, la *UI* abilita direttamente l'applicazione della linea guida del *Safe Planning* prevista dal framework di riferimento. Il giocatore può infatti sospendere l'azione, consultare le variabili in proprio possesso e formulare un piano d'azione basato su dati oggettivi, mitigando il senso di disorientamento derivante da uno scenario ostile.

3.5.2 Modulazione dell'incertezza: feedback esplicito e implicito

Il nucleo del design dell'interfaccia risiede nella calcolata dicotomia tra quali informazioni mostrare chiaramente all'utente e quali, viceversa, occultare deliberatamente. Questa selezione non è casuale, ma rappresenta una rigorosa applicazione delle IMS per modulare l'incertezza sistemica.

Da un lato, il gioco fa uso di un *feedback* esplicito per i parametri di sopravvivenza fisica, quali la *Salute* e la *Fatica*. La trasparenza di questi dati fornisce al giocatore dei limiti sistemici inequivocabili e funge da innesco per i *Warning Information Flows*: ad esempio, l'avvicinarsi del valore della *Fatica* alla soglia critica rappresenta un segnale d'allarme visivo che costringe l'utente ad aggiornare la propria strategia per minimizzare lo sforzo fisico.

Dall'altro lato, il design adotta un *feedback* implicito per parametri intangibili e sociali, come la *Coesione* del gruppo o la *Notorietà*. Questi valori operano attivamente nel motore di gioco, ma il loro dato numerico è volutamente nascosto all'interno dell'interfaccia utente. L'applicazione di questa strategia genera un'«opacità informativa» funzionale al *problem solving*: l'occultamento del dato esatto forza il giocatore a dedurre lo stato delle relazioni sociali unicamente attraverso il *feedback* testuale della narrazione e le reazioni diegetiche dei personaggi. Questa meccanica stimola profondamente la formulazione e la verifica di ipotesi, costringendo il solutore a uno sforzo analitico continuo per decodificare le intenzioni e i comportamenti degli *unpredictable characters*.

3.5.3 Ingegnerizzazione dell'interfaccia

Per garantire che la *User Experience* (UX) supporti fluidamente il carico cognitivo richiesto senza interruzioni tecniche, l'interfaccia è stata ingegnerizzata in Unity secondo architetture robuste e scalabili.

Il sistema di navigazione si basa su una gerarchia a *stack* di *layer*, governata dal componente **UINavigationController**. Questa architettura permette di gestire la sovrapposizione contestuale di menù, pannelli dell'inventario e finestre di narrazione senza mai causare la perdita del contesto globale; quando l'utente chiude un pannello superiore, il sistema ripristina automaticamente lo stato e l'interattività dei *layer* sottostanti.

Per la visualizzazione strutturata dei dati complessi, come la griglia degli oggetti posseduti o dei compagni, si è adottato il *pattern Model-View-Controller* (MVC). I dati logici puri (il *Model*) vengono disaccoppiati dalla loro rappresentazione visiva (la *View*); ad ogni azione dell'utente che altera l'inventario, il *Controller* aggiorna il modello e forza il ripopolamento dinamico dei pannelli della *UI*, garantendo coerenza e precisione.

Infine, la sincronizzazione tra la narrativa testuale e il *feedback* visivo è garantita da un rigoroso sistema reattivo. Componenti specifici, come lo **UIStatsHandler**, non interrogano continuamente lo stato del gioco, ma si limitano ad ascoltare passivamente gli eventi emessi dal sistema **GlobalStats**. In questo modo, l'interfaccia visiva risulta sempre istantaneamente sincronizzata con le conseguenze sistemiche innescate dalle scelte narrative processate in Ink, offrendo un *feedback* responsivo, performante e narrativamente immersivo.

Capitolo 4

Valutazione sperimentale e analisi dei risultati

Questo capitolo espone la metodologia di validazione adottata per valutare l'efficacia del *serious game* e presenta i risultati dell'analisi sui dati raccolti. Data la natura della ricerca e le dimensioni del campione coinvolto, è opportuno premettere che la presente indagine si configura formalmente come uno studio esplorativo. Di conseguenza, le analisi statistiche condotte non hanno la pretesa di fornire dimostrazioni inconfutabili sull'efficacia universale del framework applicato, bensì mirano a individuare tendenze, correlazioni e comportamenti significativi utili a validare le scelte di design e a porre le basi per future indagini su scala più ampia.

Il capitolo si articola nel seguente modo: la Sezione 4.1 introduce l'infrastruttura di test e gli strumenti di misurazione utilizzati. La Sezione 4.2 delinea la profilazione del campione e definisce la *baseline* attitudinale di partenza. La Sezione 4.3 presenta un'analisi descrittiva volta a esaminare i livelli di *engagement*, la percezione delle meccaniche di gioco derivate dal framework CPS-GFC [1] e l'apprezzamento complessivo del design; tale valutazione è supportata da una ricostruzione fattuale dell'esperienza dei giocatori basata su dati telemetrici. La Sezione 4.4 costituisce il nucleo analitico del capitolo, in cui i dati oggettivi vengono incrociati con la percezione soggettiva tramite l'applicazione di test di statistica inferenziale, al fine di rispondere formalmente alle domande di ricerca (di seguito *Research Questions* o RQs) che guidano lo studio. Infine, la Sezione 4.5 discute i limiti metodologici dello studio.

4.1 Metodologia e strumenti di misurazione

L'impianto sperimentale descritto in questo capitolo è stato specificamente progettato per valutare l'efficacia del framework CPS-GFC applicato all'avventura testuale.

A tal fine, la raccolta e l'analisi dei dati mirano a rispondere a cinque *Research Questions* che indagano il rapporto tra le meccaniche di incertezza, l'apprendimento e il coinvolgimento del giocatore:

- **RQ1 (Percezione, ipotesi e feedback):** In che misura il design dell'incertezza stimola chi gioca a percepire anomalie, formulare e selezionare ipotesi predittive, raffinando le proprie strategie sulla base dei feedback ambientali?
- **RQ2 (Apprendimento prospettico):** Il sistema favorisce l'acquisizione di modelli mentali che vengono efficacemente trasferiti per risolvere problemi inediti nelle fasi avanzate di gioco?
- **RQ3 (Coinvolgimento ed agency):** In che modo il coinvolgimento emotivo e l'immersione narrativa favoriscono l'interiorizzazione dell'*agency* e l'assunzione di responsabilità verso le conseguenze irreversibili del sistema?
- **RQ4 (Ragionamento sistemico):** I giocatori percepiscono le conseguenze irreversibili delle proprie azioni, adottando una pianificazione strategica delle risorse a lungo termine?
- **RQ5 (Obiettivi conflittuali):** In che misura i dilemmi etici e il rapporto con i personaggi interferiscono con l'ottimizzazione razionale delle risorse, creando un conflitto decisionale?

Per indagare questi interrogativi garantendo un'analisi il meno influenzata possibile da fattori ambientali esterni e semplificare il processo di *playtesting*, l'infrastruttura di test si è basata su sessioni non supervisionate. Durante queste sessioni, un sistema di telemetria silente operante in *background* e completamente invisibile all'utente ha registrato le scelte effettuate dal giocatore e alcune statistiche rilevanti. Al fine di consentire l'incrocio tra le metriche oggettive e le percezioni soggettive, i dati telemetrici e i questionari sono stati associati in fase di analisi tramite l'identificativo anagrafico del tester, procedendo successivamente all'anonimizzazione dei dati per la trattazione accademica.

Parallelamente al tracciamento telemetrico, la percezione e l'esperienza vissuta dai tester sono state misurate attraverso due questionari somministrati agli estremi della sessione di gioco:

- **Questionario pre-test:** compilato prima dell'inizio della partita, ha avuto l'obiettivo di raccogliere dati demografici, profilare l'esperienza videoludica pregressa del campione e definire l'attitudine dei partecipanti verso la gestione della complessità, le decisioni strategiche e i dilemmi morali.
- **Questionario post-test:** somministrato al termine dell'esperienza, è stato concepito per misurare il coinvolgimento generale, l'apprendimento sistemico

e la percezione delle meccaniche legate all'incertezza. A integrazione dei dati quantitativi, questo strumento prevede anche domande a risposta aperta per raccogliere le testimonianze qualitative dei giocatori.

Entrambi gli strumenti di valutazione impiegano una scala Likert a 7 punti (dove 1 corrisponde a «Fortemente in disaccordo/Mai» e 7 a «Fortemente d'accordo/Sempre»). Tale scala è stata selezionata per ottenere un livello di granularità adeguato a misurare le sfumature attitudinali e percettive dei partecipanti.

Data la natura ordinale dei dati raccolti tramite scala Likert e la ridotta dimensione del campione, per la statistica descrittiva si è privilegiato l'utilizzo di misure robuste quali la mediana e lo scarto interquartile (IQR). Tali metriche risultano inoltre metodologicamente coerenti con la scelta di adottare test inferenziali non parametrici (Spearman, Mann-Whitney) per l'analisi delle *Research Questions* precedentemente elencate.

Si rimanda esplicitamente all'Appendice A per la consultazione integrale di tutti gli *item* somministrati ai giocatori. Si segnala inoltre che la dicitura «Pre/Post X» che si troverà nel resto della trattazione si riferirà alla domanda numero X del questionario pre-test o post-test.

4.2 Profilazione del campione

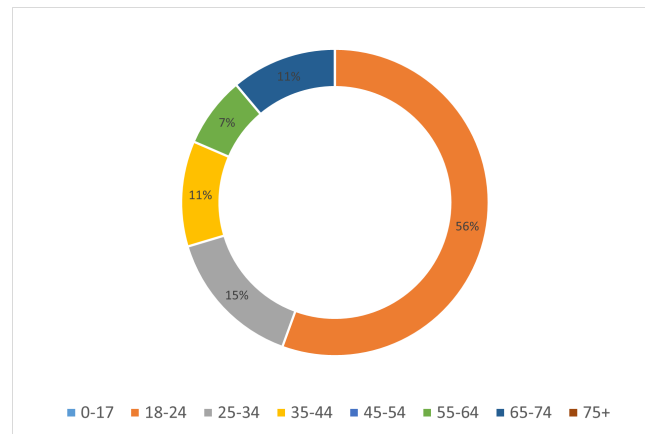
Al fine di contestualizzare adeguatamente i risultati raccolti durante le sessioni di playtest e valutare l'efficacia del design implementato, è essenziale definire le caratteristiche demografiche del campione e la sua predisposizione attitudinale di partenza. Il campione in esame è composto da $N = 27$ partecipanti, i quali sono stati sottoposti al questionario pre-test per delinearne l'esperienza pregressa e l'attitudine verso le dinamiche del CPS e le scelte morali all'interno dei videogiochi.

4.2.1 Dati demografici e profilo videoludico

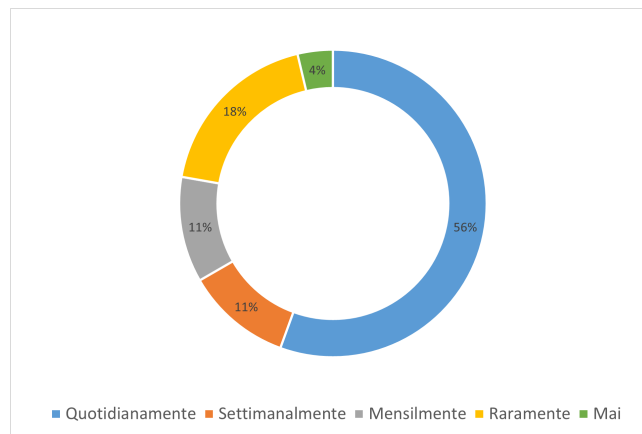
Per quanto concerne i dati anagrafici, il campione risulta distribuito su diverse fasce d'età (rif. Figura 4.1a), pur presentando una netta prevalenza di giovani adulti. Nello specifico, la maggioranza dei partecipanti (15) rientra nella fascia 18-24 anni. Le restanti fasce vedono 4 partecipanti tra i 25-34 anni, 3 tra i 35-44 anni, 2 tra i 55-64 anni e infine 3 partecipanti nella fascia 65-74 anni.

Esaminando le abitudini videoludiche generali, i dati indicano che il campione presenta un'elevata familiarità con il mezzo. Oltre la metà dei tester (15) videogioca quotidianamente. A questi si aggiungono 3 partecipanti che giocano settimanalmente e 3 mensilmente, contro una minoranza di giocatori occasionali (5 raramente) e un solo soggetto che dichiara di non videogiocare mai (rif. Figura 4.1b).

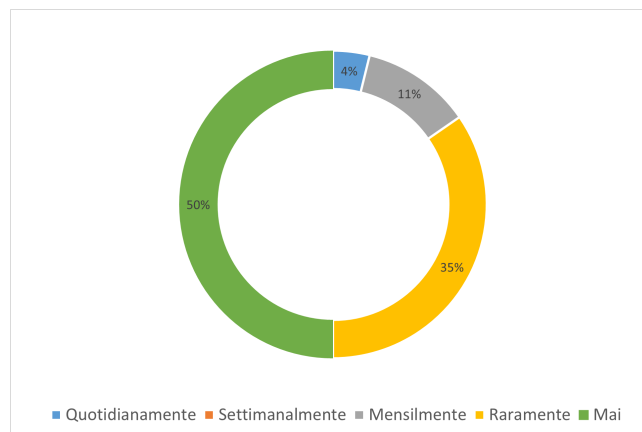
Nonostante l'alta frequenza di gioco in generale, l'esperienza specifica con i titoli basati principalmente sul testo o sulla narrazione (come *visual novel* o avventure testuali) risulta decisamente più limitata (rif. Figura 4.1c). La quasi totalità del campione vi gioca solo raramente (9 partecipanti) o mai (13 partecipanti). Solo 4 soggetti mostrano un'esposizione continuativa a questo specifico genere (3 mensilmente e 1 quotidianamente). Questa ridotta familiarità con le avventure testuali è metodologicamente preziosa, in quanto permette di valutare l'accessibilità e l'intuitività delle meccaniche di interazione implementate anche per un pubblico non specializzato.



(a) Età dei playtesters



(b) Frequenza di gioco



(c) Frequenza di gioco a titoli narrativi/testuali

Figura 4.1: Profilazione demografica e videoludica del campione

4.2.2 Baseline attitudinale

La sezione centrale del questionario pre-test ha indagato le attitudini dei partecipanti verso la risoluzione di problemi complessi, l'incertezza e le scelte etiche. L'estrazione delle mediane e del range interquartile (IQR) dalle risposte permette di delineare il profilo attitudinale di partenza del campione, che si rivelerà utile per l'interpretazione dei dati telemetrici e delle risposte al questionario post-test. I risultati completi sono riassunti nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1: Baseline attitudinale del campione (Valori su scala Likert 1-7). Fare riferimento all'Appendice A.1 per la stesura completa degli item, qui riportati in forma sintetica.

ID	Sintesi dell'item (pre-test)	Mediana	IQR
Pre 6	Tendo a considerare le conseguenze a lungo termine anziché focalizzarmi solo sull'obiettivo immediato.	5.0	2.75
Pre 7	Mi interessa capire le regole non scritte e i sistemi di causa-effetto nei videogiochi.	4,5	1.75
Pre 8	Trovo stimolante dover prendere decisioni moralmente ambigue all'interno di un videogioco.	5.5	2.0
Pre 9	Solitamente, la mia prima reazione verso un personaggio sconosciuto è di forte diffidenza.	4.5	2.0
Pre 10	Preferisco avere tempo per pianificare la mia strategia prima di agire.	4.0	3.0
Pre 11	Trovo stimolante quando un gioco rende irreversibili le conseguenze delle mie azioni.	4.0	2.75
Pre 12	Mi piace dover interpretare indizi nascosti per anticipare un pericolo.	5.0	2.0
Pre 13	Preferisco interagire con personaggi che hanno comportamenti imprevedibili.	4.0	2.0
Pre 14	Tendo a sacrificare risorse pur di compiere scelte moralmente «buone».	5.0	2.0
Pre 15	Tendo a tentare azioni ad alto rischio se la potenziale ricompensa è molto elevata.	5.0	2.0
Pre 16	Mi piace quando eventi imprevisti sconvolgono i miei piani, costringendomi all'improvvisazione.	4.0	2.0
Pre 17	Di fronte a una meccanica nuova, trovo gratificante dedurre le regole in autonomia.	5.0	2.75
Pre 18	Solitamente cerco di memorizzare dettagli e schemi aspettandomi che tornino utili in futuro.	4.5	3.0

Come si evince dalla Tabella 4.1, il campione mostra una marcata predisposizione verso le tematiche etiche e decisionali, registrando il valore mediano più alto alla voce relativa allo stimolo derivante da scelte moralmente ambigue (Pre 8: Mediana = 5.5). Tale interesse è affiancato da una concreta propensione al sacrificio tattico: i tester si dichiarano generalmente disposti a cedere risorse utili per perseguire azioni eticamente corrette (Pre 14: Mediana = 5.0, IQR = 2.0).

Dal punto di vista sistemico e strategico, emerge un solido allineamento con i prerequisiti del CPS. I giocatori dimostrano una naturale inclinazione verso l'esplorazione del rischio a fronte di alte ricompense (Pre 15: Mediana = 5.0, IQR = 2.0) e verso l'interpretazione autonoma di indizi (Pre 12: Mediana = 5.0, IQR = 2.0) e di meccaniche non guidate (Pre 17: Mediana = 5.0, IQR = 2.75). Viene inoltre confermato un diffuso interesse per la decodifica dei sistemi di causa-effetto sottesi alle regole di gioco (Pre 7: Mediana = 4.5; IQR = 1.75, indicativo di un buon consenso tra i partecipanti).

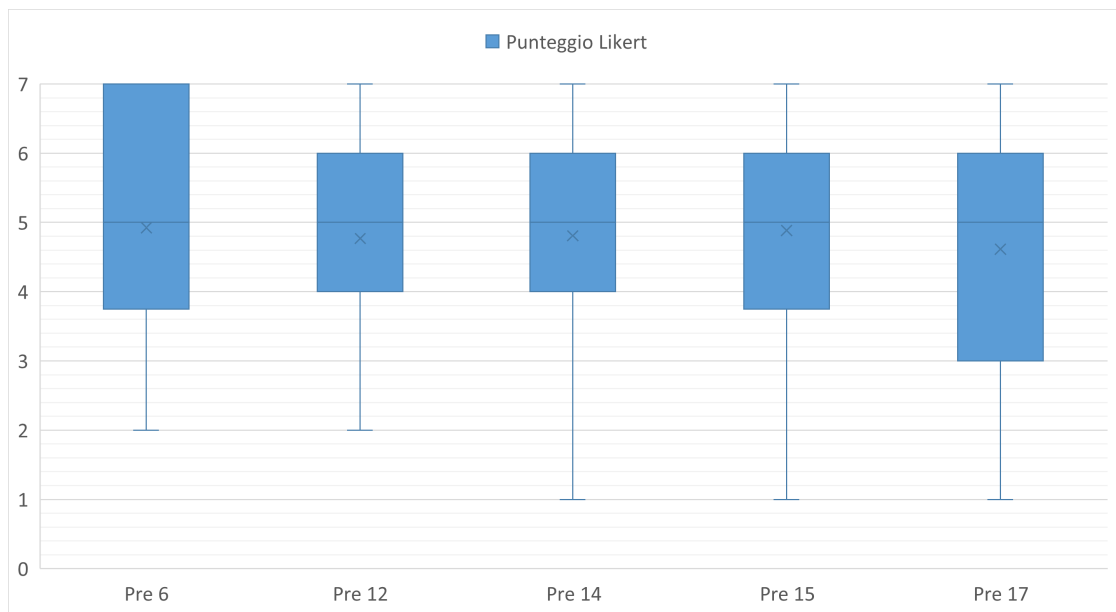


Figura 4.2: Boxplot dei risultati della profilazione attitudinale. Il grafico mostra la distribuzione dei punteggi, espressi su scala Likert da 1 a 7, per cinque item particolarmente rilevanti del questionario pre-test (rif. Appendice A.1). All'interno dei box, la linea orizzontale indica la mediana, mentre il simbolo $\times$ rappresenta la media aritmetica.

Risulta altrettanto interessante analizzare gli item che presentano una maggiore dispersione nei dati (IQR elevato ≥ 2.75), indice di eterogeneità nell'approccio dei giocatori. Ad esempio, la dicotomia tra la pianificazione attenta e la reazione istintiva divide il campione (Pre 10: Mediana = 4.0, IQR = 3.00), così come l'attitudine a memorizzare schemi comportamentali complessi per scenari futuri (Pre

18: Mediana = 4.5, IQR = 3.00). Infine, sebbene vi sia una generale propensione alla pianificazione a lungo termine (Pre 6: Mediana = 5.0, IQR = 2.75), l'accettazione di conseguenze ludiche strettamente irreversibili risulta più polarizzata, attestandosi su una mediana leggermente più bassa (Pre 11: Mediana = 4.0, IQR = 2.75).

4.3 Valutazione dell'esperienza e analisi telemetrica

Questa sezione presenta i risultati emersi dalla somministrazione del questionario post-test, incrociando la percezione soggettiva dell'esperienza di gioco con le metriche comportamentali oggettive raccolte dal sistema di telemetria silente. Trattandosi di uno studio esplorativo, l'obiettivo è verificare se le dinamiche di incertezza e le scelte morali progettate secondo le linee guida CPS-GFC abbiano suggerito pattern di comprensione e innescato comportamenti sistemici coerenti con le ipotesi di partenza.

4.3.1 Coinvolgimento, immersione e percezione dell'*agency*

Prima di indagare le dinamiche legate direttamente al CPS, è utile valutare la risposta del campione in termini di *engagement*. I dati del post-test suggeriscono un livello di coinvolgimento e immersione decisamente elevato, come riassunto visivamente dalla Figura 4.3. Nonostante l'assenza di un comparto grafico tradizionale, i giocatori hanno valutato in modo molto positivo la capacità delle descrizioni testuali di orientarli (Post 21: Mediana = 7.0, IQR = 1.0) e di generare un forte coinvolgimento emotivo (Post 22: Mediana = 7.0, IQR = 1.0).

Particolarmente rilevante per gli scopi della ricerca è la percezione dell'*agency* del giocatore. I tester riportano di aver percepito le proprie scelte come significative e non puramente estetiche (Post 3: Mediana = 7.0, IQR = 1.0), riscontrando una relazione di causa-effetto tra le decisioni prese e l'evoluzione della storia (Post 4: Mediana = 7.0, IQR = 1.0). Altrettanto indicativo è il forte consenso sul fatto che gli esiti narrativi dipendessero dalle proprie azioni e non dal caso (Post 23: Mediana = 7.0, IQR = 0.0), supportando la potenziale efficacia del *feedback* ambientale progettato (Post 8: Mediana = 6.0, IQR = 0.0).

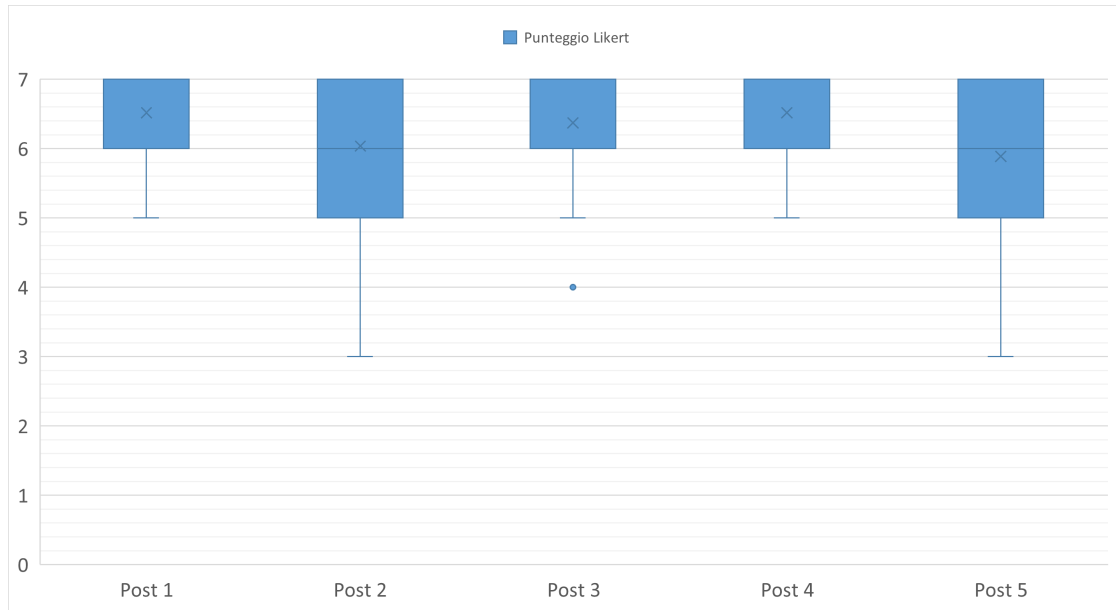


Figura 4.3: Boxplot delle risposte ai primi 5 item del questionario post-test (rif. Appendice A.2, finalizzati a valutare il coinvolgimento generale dei giocatori e la loro percezione della rilevanza delle scelte disponibili. Il grafico mostra la distribuzione dei punteggi, espressi su scala Likert da 1 a 7. All'interno dei box, la linea orizzontale indica la mediana, mentre il simbolo $\times$ rappresenta la media aritmetica.

4.3.2 Comportamento sistemico e gestione delle risorse

Una componente fondamentale del CPS consiste nella capacità di analizzare un sistema e pianificare strategie per mitigarne i rischi. La percezione soggettiva dei giocatori indica un'attivazione di questi processi, seppur con una certa variabilità nelle risposte: si riscontra una generale tendenza a sfruttare i momenti di calma per riorganizzare le risorse (Post 17: Mediana = 5.0, IQR = 2.0) ed a razionare gli oggetti in previsione di scenari futuri, piuttosto che per problemi immediati (Post 19: Mediana = 5.0, IQR = 2.0).

Questa percezione trova un riscontro fattuale incrociando i dati telemetrici. Analizzando l'utilizzo dell'interfaccia, emerge un'interessante tendenza comportamentale (rif. Figura 4.4a): la propensione ad allestire un accampamento (declinazione ludica del *safe planning*) appare crescere all'aumentare della frequenza con cui i giocatori hanno consultato l'inventario globale. A sua volta, questa pianificazione attiva ha generato conseguenze tangibili sulla partita. Come illustrato nella Figura 4.4b, l'andamento dei collapsi decresce in modo evidente tra chi ha effettuato più accessi all'accampamento. Tale tendenza è intrinseca all'architettura di gioco: l'allestimento del campo base permette infatti di consumare risorse per riposarsi, abbassando

il livello di fatica prima che questo raggiunga la soglia critica (100) che innesci il collasso per sfinimento.

È tuttavia metodologicamente doveroso segnalare un'anomalia emersa dalla telemetria: una porzione consistente del campione (11 giocatori) non ha mai effettuato l'accesso all'accampamento nel corso dell'intera partita. Sulla base di discussioni informali condotte con i tester a margine delle sessioni, è ragionevole ipotizzare che tale omissione non sia derivata da una scelta strategica consapevole, bensì da una mancata assimilazione della meccanica. Il fatto che la possibilità di accamparsi sia menzionata solamente nel pannello testuale che introduce l'esperienza, unito all'assenza di un indicatore visivo sufficientemente marcato al momento dello sblocco del primo accampamento, ha probabilmente favorito una dimenticanza da parte dell'utente. Ciononostante, i dati confermano che i giocatori in grado di trattenere questa informazione e sfruttare attivamente la meccanica sono stati oggettivamente premiati dall'infrastruttura di gioco.

Un ulteriore indicatore dell'impatto sistemico delle decisioni è osservabile nelle meccaniche di *risk-reward* (Post 11: Mediana = 6.0, IQR = 1.0; Post 20: Mediana = 6.0, IQR = 1.0). I dati telemetrici relativi alla fase esplorativa della dispensa offrono a tal proposito uno spunto interessante, seppur da interpretare con cautela a causa della forte asimmetria nelle scelte. Tra i giocatori che hanno esplorato l'area, la stragrande maggioranza ha optato per un approccio più conservativo, e solo una minima frazione ($n = 3$) ha scelto l'esplorazione rischiosa.

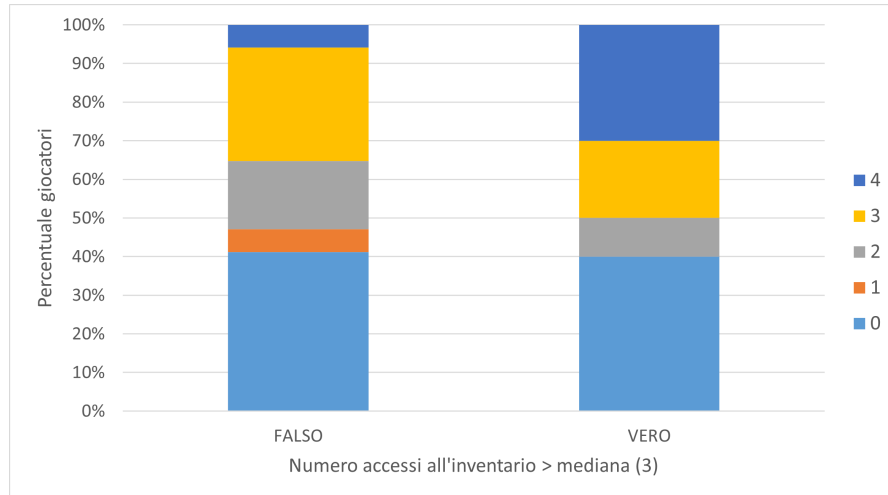
Sebbene questo esiguo sottocampione non consenta deduzioni rilevanti, i parametri registrati per questi tre utenti risultano coerenti con le intenzioni di design: l'ottenimento di uno strumento tattico (il piede di porco) a costo di danni fisici immediati (visibili nella flessione della salute minima, rif. Figura 4.5a) ha permesso loro di aggirare ostacoli successivi senza l'uso della forza bruta, registrando picchi di fatica massima inferiori al resto del campione (rif. Figura 4.5b).

4.3.3 Dilemmi morali

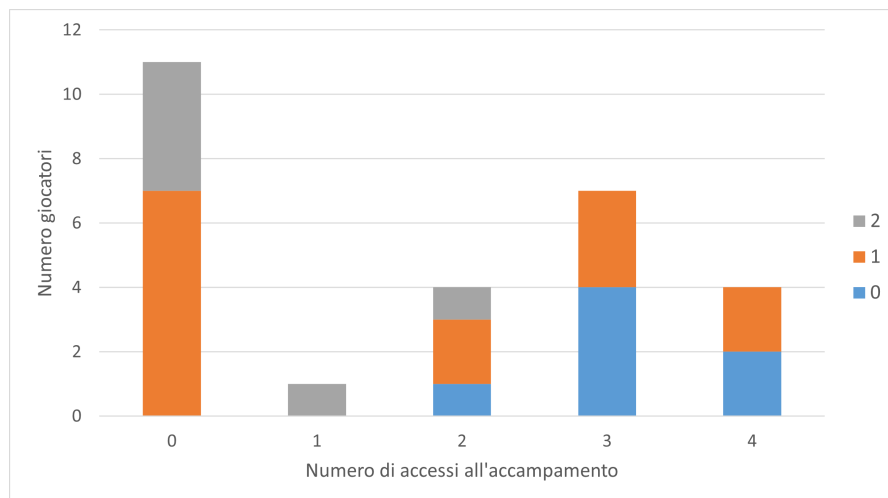
Infine, il design ha introdotto volute ambiguità nelle interazioni con gli NPC per stimolare la gestione dell'incertezza sociale. I giocatori hanno confermato di aver riscontrato difficoltà nel prevedere le reazioni dei personaggi, rendendo le interazioni tese e realistiche (Post 14: Mediana = 6.0, IQR = 1.0).

Questo grado di incertezza ha innescato un conflitto tra l'ottimizzazione puramente matematica delle risorse e l'adesione a principi etici (Post 15: Mediana = 6.0, IQR = 2.0). Il gioco è riuscito nel suo intento decostruttivo, portando i partecipanti a riflettere attivamente sull'umanità del nemico (Post 24: Mediana = 7.0, IQR = 1.0). La telemetria conferma l'influenza di queste riflessioni sulle scelte pratiche: l'analisi incrociata tra la scelta di aiutare NPC vulnerabili (es. il ragazzo al confine) e le decisioni legate al destino dei propri compagni (es. Elias) rivela

pattern comportamentali in cui l'empatia ha frequentemente prevalso sul calcolo strategico a breve termine (rif. Figura 4.6).

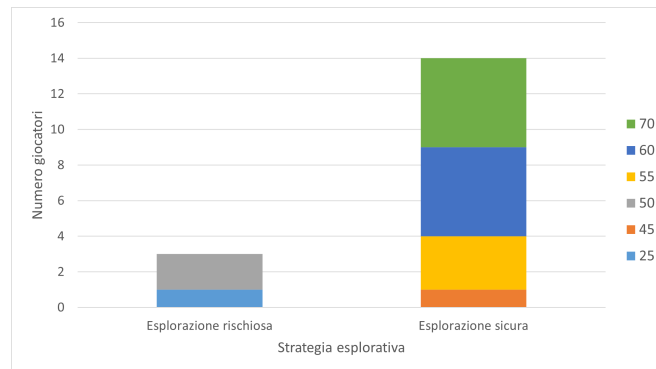


(a) Accessi all'accampamento rispetto alle consultazioni dell'inventario

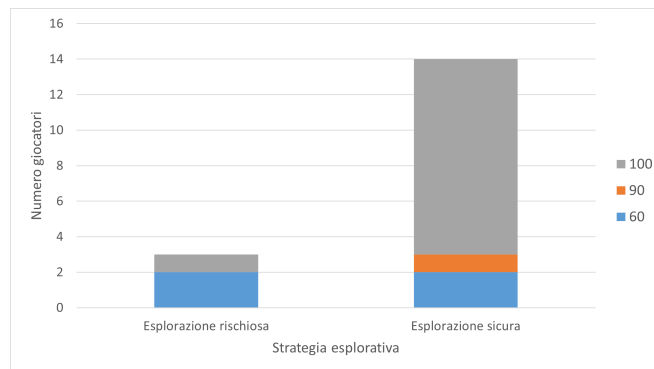


(b) Andamento dei collassi rispetto agli accampamenti allestiti

Figura 4.4: Impatto della pianificazione sulle performance di sopravvivenza



(a) Salute minima in base alla strategia di esplorazione della dispensa nella sezione «La Fattoria»



(b) Fatica massima in base in base alla strategia di esplorazione della dispensa nella sezione «La Fattoria»

Figura 4.5: Conseguenze sistemiche dell'approccio esplorativo

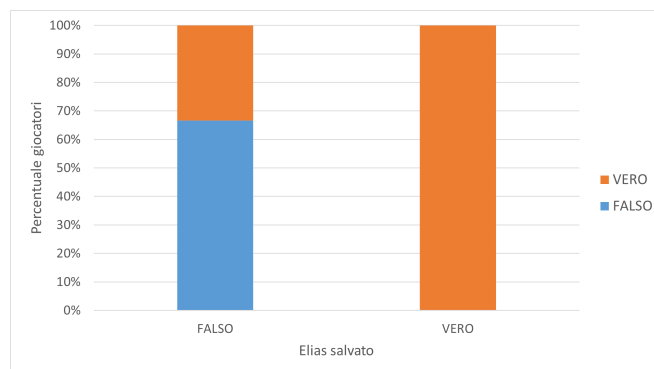


Figura 4.6: Confronto tra la decisione di aiutare il ragazzo al confine e la scelta pregressa di aiutare Elias (VERO: il giocatore ha aiutato il ragazzo, FALSO: il giocatore non ha aiutato il ragazzo)

4.4 Analisi inferenziale e risoluzione delle Research Questions

Dopo aver delineato le tendenze generali tramite la statistica descrittiva, questa sezione costituisce il nucleo empirico della ricerca: la risoluzione delle cinque *Research Questions* precedentemente definite (si veda la Sezione 4.1).

Per indagare in modo rigoroso le relazioni tra la telemetria oggettiva e la percezione soggettiva, sono stati impiegati test statistici non parametrici, ritenuti lo standard d'elezione per campioni di dimensioni contenute ($N = 27$) e per variabili ordinali misurate tramite scala Likert. Nello specifico, la forza delle relazioni lineari è stata misurata tramite il coefficiente di correlazione di rango di Spearman (ρ), mentre l'analisi delle differenze tra gruppi indipendenti è stata condotta tramite il test U di Mann-Whitney, corredato dall'estrazione della dimensione dell'effetto (*effect size*, r) per misurarne la rilevanza pratica. Il livello di significatività per il rigetto dell'ipotesi nulla è stato fissato a $\alpha = 0.05$.

4.4.1 RQ1: Percezione, ipotesi e feedback

In che misura il design dell'incertezza stimola chi gioca a percepire anomalie, formulare e selezionare ipotesi predittive, raffinando le proprie strategie sulla base dei feedback ambientali?

L'analisi dei dati offre una prospettiva interessante sulla gestione dell'imprevisto e sulla flessibilità strategica dei giocatori. Il test di Spearman ha fatto emergere una correlazione negativa statisticamente significativa ($\rho = -0.505$, $p = 0.008$) tra la propensione attitudinale a pianificare meticolosamente (Pre 6) e la tendenza ad abbandonare i propri piani di fronte a ostacoli inaspettati (Post 7).

Da un punto di vista comportamentale, questa correlazione monotona inversa indica che i giocatori con una forte attitudine alla pianificazione hanno dimostrato una tendenza a preservare la propria strategia iniziale di fronte ai feedback ambientali imprevisti. Tale risultato suggerisce una forte ritenzione del piano originale, ipotizzabile o come prova della solidità delle ipotesi formulate a monte da questa tipologia di giocatori, o come una fisiologica rigidità cognitiva di fronte a scenari complessi in rapido mutamento.

Questa rigidità strategica, evidenziata dai dati quantitativi, trova un interessante riscontro qualitativo nelle risposte aperte. Quando ai partecipanti è stato chiesto di descrivere un momento in cui hanno dovuto alterare i propri piani, alcune testimonianze suggeriscono che l'adattamento non sia avvenuto in forma preventiva, configurandosi piuttosto come una reazione emergente di fronte al collasso della strategia iniziale. L'esperienza descritta da un utente esemplifica bene questa transizione forzata:

«Quando in fondo alla via principale veniamo scoperti dalla sentinella nemica, sono dovuto passare da un approccio stealth a una fuga disperata.» – Tester 1 (Risposta alla domanda Post 25)

Per quanto concerne la percezione dell'incertezza e della carenza informativa, è stato condotto un test di Mann-Whitney sull'item Post 9 (necessità di procedere con cautela in caso di informazioni incomplete) dividendo il campione tra chi ha risolto l'enigma della radio e chi non vi è riuscito. Il test non ha raggiunto la significatività statistica ($U = 61$, $p = 0.151$, $r = 0.27$). Tuttavia, osservando la statistica descrittiva, si nota un lieve scostamento nelle mediane (7.0 per chi ha risolto il puzzle, 5.0 per gli altri). Pur non potendo trarre conclusioni inferenziali a causa del campione ridotto, questo dato descrittivo permette di ipotizzare una potenziale tendenza all'interno del gruppo di tester: chi è riuscito a decodificare le anomalie ambientali potrebbe aver adottato un approccio investigativo più cauto. Sarebbero necessari studi su campioni più ampi per esplorare formalmente questa ipotesi.

4.4.2 RQ2: Apprendimento prospettico

Il sistema favorisce l'acquisizione di modelli mentali che vengono efficacemente trasferiti per risolvere problemi inediti nelle fasi avanzate di gioco?

I test inferenziali condotti per la RQ2 restituiscono i risultati più solidi dello studio, supportando fortemente l'efficacia del modello pedagogico integrato su chi vi ha prestato attenzione. I dati mostrano una correlazione positiva ed estremamente significativa ($\rho = 0.582$, $p = 0.001$) tra il livello di attenzione alla lettura dichiarato (Pre 2) e la successiva percezione di aver appreso schemi ricorrenti senza spiegazioni esplicite (Post 5). Questo indica che i giocatori che hanno approcciato il testo con maggiore meticolosità sono gli stessi che, a posteriori, hanno dichiarato una più forte acquisizione delle regole opache del sistema.

L'impatto pratico dell'apprendimento prospettico trova riscontro diretto nei dati oggettivi di sopravvivenza. È stato condotto un test di Mann-Whitney sull'item Post 18 (capacità di dedurre soluzioni per sfide inedite basandosi su indizi passati), dividendo il campione tra chi ha completato la sessione di gioco senza mai collassare e chi ha subito almeno un collasso. I giocatori che non hanno mai subito un collasso riportano valori nettamente superiori rispetto a chi ha fallito e questa differenza è altamente significativa ($U = 18.5$, $p = 0.002$, $r = 0.56$). Tali riscontri suggeriscono che i giocatori in grado di trattenere le informazioni e formulare modelli mentali accurati hanno goduto di un tangibile vantaggio sistemico.

Ad ulteriore supporto del processo di apprendimento prospettico, le risposte aperte offrono un interessante spaccato su come la struttura punitiva dell'incertezza

possa generare dei modelli mentali resilienti. Un tester, ad esempio, ha descritto esplicitamente come un feedback negativo iniziale abbia mutato il suo approccio nelle sfide successive:

«Ho imparato, non tornando indietro dal venditore del libretto di spiegazioni, che senza rischiare o scambiare altri possedimenti avrei potuto causare più danni (ho rotto la radio). Quindi nella sezione successiva (il container) ho preso più rischi.» – Tester 4 (Risposta alla domanda Post 27)

4.4.3 RQ3: Coinvolgimento e responsabilità

In che modo il coinvolgimento emotivo e l'immersione narrativa favoriscono l'interiorizzazione dell'agency e l'assunzione di responsabilità verso le conseguenze irreversibili del sistema?

L'analisi inferenziale supporta le ipotesi metodologiche relative al legame tra *engagement* e *agency*. Il test di correlazione di Spearman ha rilevato una relazione positiva e statisticamente significativa ($\rho = 0.418$, $p = 0.030$) tra il coinvolgimento provato dai partecipanti (Post 22) e la consapevolezza che l'evoluzione della storia dipendesse dalle proprie scelte e non dal caso (Post 23).

Esaminando la direzione della correlazione, emerge che all'aumentare dell'immersione dichiarata dal singolo tester, corrisponde un proporzionale aumento della sua consapevolezza causale. I giocatori maggiormente coinvolti sul piano emotivo hanno dimostrato una più solida interiorizzazione dell'*agency*: essendosi legati alla narrazione, hanno teso ad assumersi la responsabilità personale delle ramificazioni della trama, piuttosto che attribuire gli esiti avversi all'arbitrarietà del codice di gioco.

La solidità di questa correlazione quantitativa assume uno spessore ancora maggiore se confrontata con i dati qualitativi. Le risposte aperte forniscono esempi di come l'immersione narrativa abbia spinto alcuni giocatori a formulare complessi ragionamenti empatici. Emblematico è il caso di un utente che, pur consapevole dei limiti strutturali e irreversibili del videogioco, ha scelto volontariamente di farsi carico delle conseguenze più aspre per tutelare un compagno virtuale:

«Siccome quell'elasticità [di poter rimediare agli errori] manca per natura in un videogioco simile, ho dovuto adattarmi [...]. In primis, ho accettato mentalmente che sarei stato il primo volontario a sacrificarsi. Sarei entrato volontariamente in una situazione meno confortevole. Questo avrebbe permesso a un compagno più psicologicamente in difficoltà (Elias) di affrontare la prova al meglio delle capacità del gruppo.» – Tester 20 (Risposta alla domanda Post 25)

Riflessioni di questo tipo suggeriscono come, almeno per i giocatori più immersi nell'esperienza, il sistema possa non essere stato percepito come un mero erogatore

di penalità arbitrarie, ma come uno spazio di *roleplay* in cui arrivare a sentirsi gli unici responsabili delle sorti proprie e altrui.

4.4.4 RQ4: Ragionamento sistemico

I giocatori percepiscono le conseguenze irreversibili delle proprie azioni, adottando una pianificazione strategica delle risorse a lungo termine?

L'analisi incrociata tra i dati telemetrici e le risposte al questionario ha cercato di indagare il legame tra l'intenzione di pianificare e le azioni effettivamente compiute all'interno del gioco. Il test di correlazione di Spearman condotto tra la frequenza reale di allestimento dell'accampamento e l'intenzione dichiarata di razionare risorse per scenari futuri (Post 19) non ha restituito risultati statisticamente significativi ($\rho = 0.149$, $p = 0.458$).

In termini inferenziali, l'elevato *p-value* indica che i dati a nostra disposizione non forniscono evidenze sufficienti per confermare l'esistenza di una correlazione lineare tra l'intenzione di razionamento e l'utilizzo concreto delle meccaniche di riposo. Come già evidenziato nella Sezione 4.3.2, è molto probabile che questo risultato inconcludente risulti viziato alla radice dall'anomalia comportamentale relativa alla mancata assimilazione della meccanica dell'accampamento da parte di 11 tester. Questa falla a livello di *User Experience* trova un riscontro esplicito, ad esempio, nella testimonianza a fine partita di un utente:

«Non che io ricordi. Sicuramente non ho usato l'informazione sull'uso dell'accampamento che mi è stata fornita proprio all'inizio dell'esperienza.» – Tester 13 (Risposta alla domanda Post 27)

Tuttavia, integrando questa frammentazione dei dati quantitativi con le testimonianze qualitative post-partita, è possibile formulare un'ulteriore ipotesi esplorativa. Per molti utenti, il concetto di «pianificazione strategica» potrebbe essersi tradotto in una forma di puro accumulo conservativo per paura dell'ignoto, piuttosto che in una spesa preventiva per mitigare la fatica. A supporto di questa interpretazione, un tester illustra chiaramente questo timore verso la spesa di risorse, associato all'incertezza delle meccaniche:

«Ho scoperto che riposare senza mangiare non ti fa recuperare tanta fatica, quindi aumenta l'importanza del raccogliere razioni (che non ho comunque trovato).» – Tester 9 (Risposta alla domanda Post 27)

Sebbene non dimostrabile inferenzialmente, tale discrepanza tra intenzione percepita e azione materiale offre un importante spunto di riflessione per l'ottimizzazione futura del *feedback* sistemico.

4.4.5 RQ5: Obiettivi conflittuali

In che misura i dilemmi etici e il rapporto con i personaggi interferiscono con l'ottimizzazione razionale delle risorse, creando un conflitto decisionale?

Per misurare l'attrito tra la logica di sopravvivenza e l'etica narrativa, è stato condotto un test di Mann-Whitney sull'item Post 15 (conflitto percepito tra conservare risorse e compiere scelte morali), dividendo il campione tra chi ha effettivamente scelto di salvare Elias e chi non lo ha fatto.

Il test non ha rilevato differenze statisticamente significative tra i due gruppi ($U = 75.5$, $p = 0.636$, $r = 0.09$). L'assenza di scostamenti inferenziali non permette di stabilire se vi sia un legame tra l'azione compiuta in gioco e l'intensità del conflitto morale percepito. Tuttavia, osservando i dati a livello prettamente descrittivo, emerge che entrambi i sottogruppi si attestano su una mediana decisamente elevata (6.0 su una scala Likert a 7 punti).

Pur senza poter trarre conclusioni generalizzabili, questa omogeneità verso i valori alti della scala consente di formulare un'ipotesi esplorativa: è plausibile che l'attrito tra l'ottimizzazione logistica e l'adesione a principi empatici abbia generato una difficoltà decisionale trasversale. Questo suggerisce la possibilità che il dilemma etico sia stato percepito da buona parte del campione, a prescindere dalla risoluzione concreta adottata. A titolo esemplificativo, l'estratto di un questionario evidenzia una forte immersione, illustrando come la percezione del dilemma abbia spinto l'utente a sacrificare volontariamente il proprio vantaggio meccanico:

«Sì. È accaduto quando ho scelto di prestare soccorso a un nemico fermando la sua emorragia. Dal punto di vista strategico è stata una decisione svantaggiosa, poiché ho preservato una potenziale minaccia, ma ho agito secondo il principio del rispetto della vita umana, che considero superiore a qualsiasi logica di fazione o convenienza.» – Tester 7 (Risposta alla domanda Post 26)

Anche nei casi in cui l'utente ha privilegiato l'approccio pragmatico (scegliendo di non salvare il compagno o i feriti), il peso delle conseguenze può farsi sentire in modo tangibile, come emerge dalla riflessione di un altro partecipante:

«No, il mio playthrough è stato dettato da scelte ciniche e fredde, pur sempre sentendo interamente l'impatto di quest'ultime.» – Tester 13
(Risposta alla domanda Post 26)

4.5 Limiti dello studio

Nonostante l'analisi dei dati abbia restituito riscontri incoraggianti e statisticamente significativi in merito all'efficacia del framework CPS-GFC, è doveroso evidenziare i

limiti metodologici e operativi che caratterizzano la presente indagine, in modo tale da inquadrare correttamente la portata dei risultati ottenuti e orientare le future direzioni di ricerca, ribadendo la natura prettamente esplorativa di questo studio.

In primo luogo, la dimensione e la composizione del campione ($N = 27$) impongono cautela sul fronte della validità esterna e della generalizzabilità dei risultati. Sebbene l'uso di test inferenziali non parametrici (quali Spearman e Mann-Whitney) abbia garantito il rigore matematico necessario per piccoli campioni, l'indagine ha coinvolto una popolazione demograficamente sbilanciata. Come evidenziato nella Sezione 4.2, il bacino di utenza è fortemente concentrato nella fascia dei giovani adulti (18-24 anni) ed è caratterizzato da un'elevata alfabetizzazione videoludica generale, a cui si aggiunge una sproporzione di genere (18 soggetti di sesso maschile e 9 di sesso femminile). Inoltre, la scarsissima familiarità del campione con il genere specifico delle avventure testuali, pur essendosi rivelata preziosa in fase di test per valutare l'accessibilità del sistema, non consente di stabilire a priori se i giocatori veterani di *interactive fiction* risponderebbero in modo analogo alle medesime meccaniche di incertezza.

In secondo luogo, il design sperimentale adottato si configura come uno studio a braccio singolo, privo di un gruppo di controllo. Sebbene questa scelta sia coerente con le fasi preliminari di validazione di un prototipo, l'assenza di una base comparativa, come ad esempio una versione della medesima avventura testuale senza meccaniche di opacità e di gestione risorse, impedisce di misurare quantitativamente il delta di efficacia tra il modello proposto e i paradigmi di *game design* convenzionali. I risultati dimostrano la coerenza interna del sistema e la presenza dei fenomeni attesi, ma non consentono inferenze comparative assolute.

Un'ulteriore criticità risiede nella modalità di *playtesting* adottata. La scelta di condurre le sessioni di gioco in modalità non supervisionata è stata dettata in primis da vincoli logistici e organizzativi, legati alla dispersione geografica del campione e alla difficoltà di allestire molteplici sessioni in un ambiente controllato. A questa necessità pratica si è affiancata la volontà di evitare l'alterazione del comportamento dei giocatori dovuta alla consapevolezza di essere osservati. Tuttavia, questa assenza di controllo diretto ha reso impossibile quantificare l'impatto di eventuali variabili di disturbo esterne. Interruzioni durante la partita, cali di attenzione fisiologici o distrazioni derivanti dall'ambiente domestico potrebbero aver introdotto del «rumore» statistico in metriche sensibili quali i tempi di interazione, l'attenzione alla lettura e la percezione soggettiva della fatica cognitiva.

Infine, l'analisi ha evidenziato come una specifica criticità di *User Experience* relativa alla meccanica dell'accampamento abbia agito da variabile di confusione nella misurazione della RQ4 (cfr. Sezione 4.4). Sebbene il funzionamento del riposo fosse stato illustrato tramite un pannello testuale introduttivo all'avvio dell'esperienza, l'assenza di un richiamo contestuale al momento del primo effettivo sblocco della meccanica ha probabilmente inficiato la ritenzione dell'informazione in

una porzione considerevole del campione (11 tester). Questo fattore ha opacizzato il confine tra una deliberata scelta strategica (il razionamento delle risorse per paura dell'ignoto) e la mera dimenticanza della meccanica. Tale criticità dimostra come la valutazione empirica del ragionamento sistemico necessiti, in studi futuri, di un'interfaccia progettata per supportare l'azione del giocatore nel momento esatto della sua abilitazione.

Capitolo 5

Conclusioni e Sviluppi futuri

5.1 Conclusioni

Il presente lavoro di tesi si è posto l’obiettivo di operationalizzare il framework teorico CPS-GFC [1] sviluppando un *serious game* le cui fondamenta di *game design* derivano strettamente dalle meccaniche dei videogiochi commerciali di intrattenimento. Partendo dall’assunto, già consolidato in letteratura, che i titoli commerciali risultino particolarmente efficaci nello stimolare abilità di *Complex Problem Solving* (ambito in cui i *serious games* tradizionali spesso falliscono nel generare *engagement* e nel supportare un reale processo di *gameplay-learning*) lo studio ha mirato a validare il framework in modo specifico. Attraverso la progettazione, l’implementazione e la validazione empirica di un’avventura narrativa testuale costruita interamente su tali linee guida e sulla modulazione strategica dell’incertezza tramite le IMS, la ricerca ha fornito solide e incoraggianti evidenze a supporto della fattibilità di questo approccio ibrido.

L’analisi dei dati raccolti durante le sessioni di *playtesting* ha supportato gran parte delle ipotesi di partenza, restituendo un quadro in cui le frizioni meccaniche non si traducono in un ostacolo per l’utente, ma costituiscono un elemento che favorisce il processo di apprendimento. In particolare, è emerso con forte significatività statistica l’innescò del processo di apprendimento prospettico: i giocatori esposti a conseguenze avverse derivanti da interazioni opache hanno dimostrato una spiccata capacità di riadattare i propri modelli mentali, trasferendo le regole implicite apprese per superare sfide inedite nelle fasi avanzate della simulazione.

Dal punto di vista narrativo ed etico, la scelta di intrecciare indissolubilmente la gestione matematica delle risorse con la caratterizzazione dei personaggi ha generato un elevato livello di coinvolgimento. I dati qualitativi e quantitativi hanno evidenziato come l’immersione narrativa abbia spinto gli utenti ad assumersi la piena responsabilità delle proprie scelte tattiche, accettandone le conseguenze

irreversibili senza percepire il sistema come arbitrariamente punitivo.

Ciononostante, lo studio ha anche messo in luce le intrinseche difficoltà legate alla misurazione di costrutti complessi come il ragionamento sistemico a lungo termine. Come evidenziato nell'incrocio tra i dati telemetrici e le risposte aperte, il confine tra la pianificazione strategica (il razionamento delle risorse) e le vulnerabilità dell'interfaccia (la dimenticanza della possibilità di accedere all'accampamento legata all'assenza di feedback contestuale al suo sblocco) risulta ancora labile.

In sintesi, questa tesi contribuisce allo stato dell'arte fornendo un'interessante base empirica su come l'adozione di meccaniche tipiche dell'intrattenimento possa elevare qualitativamente i *serious games* dedicati al CPS. L'esperienza di gioco suggerisce che i partecipanti, lontani dal percepire l'esperienza come un «compito» educativo pesante o noioso, si sono lasciati coinvolgere dall'ecosistema narrativo. Il prototipo sviluppato indica pertanto che la progettazione di *serious games* finalizzati a allenare competenze legate al CPS non necessita di sacrificare il divertimento e la sfida sull'altare della didattica esplicita (es. *tutorial* intrusivi); al contrario, sfidare l'utente attraverso il framework CPS-GFC in ambienti intrinsecamente motivanti rappresenta una via promettente per creare artefatti formativi che siano al contempo rigorosi nei loro obiettivi cognitivi e profondamente coinvolgenti nella loro esecuzione ludica.

5.2 Sviluppi futuri

Alla luce dei risultati ottenuti e dei limiti metodologici discussi nel Capitolo 4, è possibile delineare diverse direzioni per l'evoluzione e l'espansione della presente ricerca, sia sul fronte del consolidamento empirico sia su quello dell'innovazione progettuale:

- **Ottimizzazione della user experience:** il primo e più immediato sviluppo futuro riguarda l'affinamento dell'artefatto digitale basato sui riscontri del *playtesting*. Per isolare con maggior rigore l'intenzione strategica dell'utente, sarà necessario aggiornare i sistemi di *onboarding* delle meccaniche silenti. L'implementazione di feedback contestuali non intrusivi che si attivano solo nel momento in cui un'azione (come l'allestimento dell'accampamento) diventa concretamente disponibile permetterebbe di scaricare la memoria di lavoro del giocatore, garantendo che le misurazioni telemetriche riflettano esclusivamente le sue scelte di CPS e non lacune di interfaccia.
- **Rimozione dei vincoli esplorativi e reinserimento del game over:** nella presente indagine, a causa della natura esplorativa dello studio e della necessità di preservare l'integrità della raccolta dati su un campione composto da soli 27 utenti, si è optato per una mitigazione delle conseguenze estreme

del fallimento sistemico. L'assenza di un vero e proprio *game over* prematuro ha evitato una frammentazione eccessiva dei dati telemetrici, sostituendo la fine della partita con penalità narrative e statistiche. Tuttavia, in un'ottica di sviluppo futuro supportata da un campione più esteso, la reintroduzione di un fallimento definitivo permetterebbe di spingere al limite l'assunzione di responsabilità decisionale da parte dell'utente. Inoltre, conferire un peso letale e tangibile all'esaurimento delle risorse aumenterebbe fisiologicamente il senso di pericolo, amplificando il coinvolgimento emotivo e portando la dinamica di *risk-reward* alla sua massima espressione.

- **Integrazione multimodale e diversificazione delle sfide:** dal punto di vista del *game design*, sebbene l'adozione di un'interfaccia puramente testuale si sia rivelata funzionale per questo primo prototipo, un'espansione del framework gioverebbe dell'integrazione di un'infrastruttura visiva a supporto della narrazione. Come discusso nel Capitolo 3, l'uso esclusivo del testo rischia di limitare la varietà nella somministrazione delle *unfamiliar challenges*: iterare l'apprendimento su meccaniche già introdotte appoggiandosi solo a varianti scritte può generare ripetitività. L'introduzione di elementi grafici ed esplorativi permetterebbe di distribuire il veicolo dell'informazione su più canali sensoriali. Questa ibridazione renderebbe le dinamiche di apprendimento prospettico più incisive e variegate, consentendo al designer di spostare il focus anche su deduzioni puramente ludiche o visivo-spaziali, affrancandole dalla sola dimensione etico-narrativa.
- **Evoluzione del disegno sperimentale e campionamento:** per superare i limiti strutturali di uno studio esplorativo condotto su un unico gruppo di utenti, il naturale passo successivo della ricerca consisterebbe nell'adozione di un disegno sperimentale comparativo. L'introduzione di un gruppo di controllo, a cui somministrare una versione del prototipo privata delle meccaniche di gestione dell'incertezza (o in cui il loro impatto viene ridotto ai livelli fisiologici dell'esperienza ludica), permetterebbe di applicare i paradigmi dell'*A/B testing* in modo rigoroso. Questo approccio consentirebbe di isolare l'effetto causale specifico del framework CPS-GFC sulle *performance* decisionali. Inoltre, per garantire una maggiore validità esterna, sarà cruciale estendere la somministrazione a un campione demograficamente più stratificato. Una comparazione mirata tra giocatori novizi e veterani del genere *interactive fiction* potrebbe rivelare come l'alfabetizzazione pregressa a specifiche grammatiche ludiche moduli la percezione del carico cognitivo indotto dal sistema.
- **Integrazione di metriche biometriche oggettive:** attualmente, la valutazione dello sforzo cognitivo e del turbamento etico si basa su dati telemetrici e questionari *self-report*, strumenti preziosi ma fisiologicamente esposti a *bias*

soggettivi. Uno sviluppo metodologico di grande impatto prevederebbe lo spostamento del *playtesting* da un ambiente remoto non supervisionato a un *lab setting* controllato, integrando strumentazioni biometriche di base. L'impiego di sensori atti a rilevare le variazioni dei parametri fisiologici legati allo stress consentirebbe di tracciare in tempo reale l'esatto momento in cui il giocatore esperisce i picchi di sovraccarico cognitivo o la dissonanza emotiva di fronte a scelte morali avverse. Questo approccio permetterebbe di triangolare in modo più robusto i dati psicometrici raccolti.

Appendice A

Strumenti di indagine e valutazione

Questa appendice riporta la formulazione integrale dei questionari sottoposti ai giocatori durante le sessioni di *playtest*, suddivisi in Pre-Test e Post-Test.

A.1 Questionario Pre-Test

Sezione A: Dati demografici e profilo videoludico

1. Nome, Cognome, Età, Sesso
2. Tendo a mantenere alti livelli di attenzione durante la lettura prolungata di testi a schermo.
3. Con quale frequenza videogiochi? [Mai / Raramente / Mensilmente / Settimanalmente / Tutti i giorni]
4. Con quale frequenza giochi a titoli basati principalmente sul testo o sulla narrazione (es. Visual Novel, Avventure Testuali)? [Scala Likert 1-7]
5. Ho giocato a titoli che richiedono di gestire risorse limitate o prendere decisioni strategiche complesse. [Scala Likert 1-7]

Sezione B: Percezione della complessità

6. Quando gioco, tendo a considerare le conseguenze a lungo termine delle mie azioni anziché focalizzarmi solo sull'obiettivo immediato. [Scala Likert 1-7]
7. Mi interessa capire le regole non scritte e i sistemi di causa-effetto all'interno dei videogiochi. [Scala Likert 1-7]

8. Trovo stimolante dover prendere decisioni morali o ambigue all'interno di un videogioco. [Scala Likert 1-7]
9. Nei videogiochi di sopravvivenza, la mia prima reazione verso un personaggio sconosciuto è solitamente di forte diffidenza. [Scala Likert 1-7]

Sezione C: Attitudini cognitive e stile di gioco

10. Preferisco avere tempo per pianificare la mia strategia prima di agire, piuttosto che dover reagire d'istinto. [Scala Likert 1-7]
11. Trovo stimolante quando un gioco rende irreversibili le conseguenze delle mie azioni. [Scala Likert 1-7]
12. Mi piace dover interpretare indizi nascosti nelle descrizioni per anticipare un pericolo. [Scala Likert 1-7]
13. Preferisco interagire con personaggi che hanno comportamenti ambigui e imprevedibili. [Scala Likert 1-7]
14. Tendo a sacrificare risorse utili pur di compiere una scelta moralmente «buona» o aiutare un personaggio. [Scala Likert 1-7]
15. Nei videogiochi, tendo a esplorare aree pericolose o tentare azioni ad alto rischio se la potenziale ricompensa (risorse, informazioni) è molto elevata. [Scala Likert 1-7]
16. Mi piace quando eventi imprevisti sconvolgono i miei piani, costringendomi all'improvvisazione. [Scala Likert 1-7]
17. Di fronte a una meccanica nuova senza tutorial, trovo gratificante dedurre le regole in autonomia. [Scala Likert 1-7]
18. Solitamente cerco di memorizzare dettagli o schemi comportamentali aspettandomi che tornino utili in futuro. [Scala Likert 1-7]

A.2 Questionario Post-Test

Sezione A: Coinvolgimento e apprendimento globale

1. Ho trovato la storia e l'atmosfera del gioco coinvolgenti. [Scala Likert 1-7]
2. Ho trovato le meccaniche di gioco (es. scelte, gestione risorse) interessanti e stimolanti. [Scala Likert 1-7]

3. Le mie scelte all'interno della storia mi sono sembrate significative e non puramente estetiche. [Scala Likert 1-7]
4. Ho percepito una relazione causa-effetto chiara tra le decisioni prese e l'evoluzione della storia [Scala Likert 1-7]
5. Ho imparato a riconoscere alcuni schemi ricorrenti nel gioco senza necessità di spiegazioni esplicite. [Scala Likert 1-7]

Sezione B: Valutazione esperienza specifica

6. Le descrizioni testuali dell'ambiente mi hanno aiutato ad anticipare i pericoli imminenti prima che si manifestassero. [Scala Likert 1-7]
7. Di fronte a un imprevisto, ho dovuto abbandonare il mio piano iniziale e adattare rapidamente la strategia. [Scala Likert 1-7]
8. I feedback narrativi del gioco (es. le conseguenze descritte dopo un'azione) sono stati utili per capire i miei errori e correggere la strategia successiva. [Scala Likert 1-7]
9. Ho affrontato situazioni in cui le informazioni a mia disposizione erano incomplete o ambigue, costringendomi a procedere con cautela o cercare altri indizi. [Scala Likert 1-7]
10. Prima di prendere una decisione importante, ho analizzato attentamente tutte le informazioni frammentarie che avevo a disposizione. [Scala Likert 1-7]
11. Nelle scelte a bivio, ho valutato se il rischio di un percorso fosse giustificato dal possibile guadagno (strategico o morale). [Scala Likert 1-7]
12. Ho percepito che le decisioni prese nelle prime fasi hanno avuto conseguenze concrete e irreversibili nelle fasi avanzate. [Scala Likert 1-7]
13. Le informazioni apprese interagendo con i personaggi si sono rivelate utili per gestire situazioni successive. [Scala Likert 1-7]
14. Ho avuto difficoltà a prevedere le reazioni dei personaggi, il che ha reso le interazioni più realistiche e tese. [Scala Likert 1-7]
15. Mi è capitato di avvertire un conflitto tra l'obiettivo razionale di conservare risorse e un desiderio etico (es. aiutare un personaggio, evitare la violenza). [Scala Likert 1-7]
16. L'evoluzione del rapporto con i personaggi considerati «nemici» ha influenzato le mie scelte tattiche. [Scala Likert 1-7]

17. Ho sfruttato razionalmente i momenti di calma per riorganizzare le mie risorse in vista di sfide future. [Scala Likert 1-7]
18. Di fronte a sfide nuove di cui non conoscevo le regole esatte, ho potuto dedurre una soluzione basandomi su indizi precedenti. [Scala Likert 1-7]
19. Nella gestione dell'inventario, ho cercato di razionare risorse specifiche prevedendo scenari futuri, piuttosto che consumarle per risolvere solo i problemi immediati. [Scala Likert 1-7]
20. Ho deciso di affrontare intenzionalmente situazioni ad alto rischio per ottenere un vantaggio tattico. [Scala Likert 1-7]
21. Anche senza grafica, le descrizioni testuali hanno permesso di orientarmi e immaginare chiaramente l'ambiente circostante. [Scala Likert 1-7]
22. Nonostante la natura testuale, ho provato un coinvolgimento emotivo nelle vicende. [Scala Likert 1-7]
23. Ho sentito che gli esiti della storia dipendevano dalle mie scelte e non dal caso. [Scala Likert 1-7]
24. Il gioco ha stimolato una riflessione attiva sull'umanità del nemico. [Scala Likert 1-7]

Sezione C: Domande aperte

25. Descrivi un momento specifico del gioco in cui hai dovuto cambiare la tua strategia a causa di un imprevisto o di una nuova informazione. [Testo libero]
26. Hai mai preso una decisione strategicamente svantaggiosa pur di agire secondo un principio etico? Se sì, quale e perché? [Testo libero]
27. C'è stato un momento in cui hai usato un'informazione appresa in precedenza per risolvere un problema nuovo? Fai un esempio. [Testo libero]

Bibliografia

- [1] Dimitar Gyaurov, Carlo Fabricatore e Andrea Bottino. «Entertainment games for complex problem-solving: A systematic review of design frameworks and the development of design guidelines». In: *Computers in Human Behavior Reports* (2025). DOI: 10.1016/j.chbr.2025.100811 (cit. alle pp. xii, 2–4, 7, 9, 11, 13–15, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 28, 32, 56, 75).
- [2] Dietrich Dörner e Joachim Funke. «Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not». In: *Frontiers in Psychology* Volume 8 - 2017 (2017). DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01153. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2017.01153> (cit. alle pp. 1, 9–11).
- [3] Klaus Mainzer. «Challenges of Complexity in the 21st Century. An Interdisciplinary Introduction». In: *European Review* 17.2 (2009), pp. 219–236. DOI: 10.1017/S1062798709000714 (cit. a p. 1).
- [4] Joachim Funke. «Complex Problem Solving». In: *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. A cura di Norbert M. Seel. Springer US, 2012, pp. 682–685. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_685 (cit. alle pp. 2, 10).
- [5] Carlo Fabricatore. «Underneath and Beyond Mechanics: An Activity-theoretical Perspective on Meaning-making in Gameplay». In: dic. 2018. DOI: 10.14361/9783839443040-006 (cit. alle pp. 2, 13).
- [6] Carlo Fabricatore, Dimitar Gyaurov e Ximena Lopez. «Rethinking Serious Games Design in the Age of COVID-19: Setting the Focus on Wicked Problems». In: *Serious Games*. A cura di Minhua Ma, Bobbie Fletcher, Stefan Göbel, Jannicke Baalsrud Hauge e Tim Marsh. Springer International Publishing, 2020, pp. 243–259 (cit. a p. 3).
- [7] Carlo Fabricatore. «Learning and videogames: an unexploited synergy». In: (2020). URL: <http://www.learndev.org/dl/FabricatoreAECT2000.PDF> (cit. a p. 3).

- [8] Simon Egenfeldt-Nielsen. «Overview of research on the educational use of video games». In: *Nordic Journal of Digital Literacy* 1.3 (2006), pp. 184–214. URL: <https://www.scup.com/doi/abs/10.18261/ISSN1891-943X-2006-03-03> (cit. a p. 3).
- [9] Andreas Fischer, Samuel GREIFF e Joachim Funke. «The process of solving complex problems». In: *Journal of Problem Solving* 4 (2012). HDL: <https://orbilu.uni.lu/10993/3184> (cit. a p. 11).
- [10] James Paul Gee. «What video games have to teach us about learning and literacy». In: 1.1 (ott. 2003), p. 20. URL: <https://doi.org/10.1145/950566.950595> (cit. alle pp. 11, 12).
- [11] James Gee. «Learning by Design: Good Video Games as Learning Machines». In: *E-learning* 2 (mar. 2005). DOI: 10.2304/elea.2005.2.1.5 (cit. a p. 12).
- [12] Isabela Granic, Adam Lobel e Rutger CME Engels. «The benefits of playing video games». In: *American Psychologist* 69.1 (2014), pp. 66–78. URL: <https://doi.org/10.1037/a0034857> (cit. a p. 12).
- [13] Jan Plass, Bruce Homer e Charles Kinzer. «Foundations of Game-Based Learning». In: *Educational Psychologist* 50 (ott. 2015), pp. 258–283. DOI: 10.1080/00461520.2015.1122533 (cit. a p. 12).
- [14] Andrew K. Przybylski, C. Scott Rigby e Richard M. Ryan. «A Motivational Model of Video Game Engagement». In: *Review of General Psychology* 14.2 (2010), pp. 154–166. URL: <https://doi.org/10.1037/a0019440> (cit. alle pp. 12, 13).
- [15] Pieter Wouters, C. Nimwegen, H. Oostendorp e Erik Spek. «A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games». In: *Journal of Educational Psychology* 105 (feb. 2013), pp. 249–265. DOI: 10.1037/a0031311 (cit. a p. 13).
- [16] 11 bit studios. *This War of Mine*. Videogioco. 2014 (cit. a p. 17).
- [17] S. Smale, Martijn J. L. Kors e Alyea Sandovar. «The Case of This War of Mine: A Production Studies Perspective on Moral Game Design». In: *Games and Culture* 14 (2019), pp. 387–409. DOI: 10.1177/1555412017725996 (cit. alle pp. 17, 18).
- [18] Lucas Pope. *Papers, Please*. Videogioco. 2013 (cit. a p. 20).
- [19] Paul Formosa, Malcolm Ryan e Dan Staines. «Papers, Please and the systemic approach to engaging ethical expertise in videogames». In: *Ethics and Information Technology* 18.3 (2016), pp. 211–225 (cit. a p. 20).
- [20] 11 bit studios. *Frostpunk*. Videogioco. 2018 (cit. a p. 22).

- [21] Lieke Troost, Sander van der Linden et al. «What happens if...? Uncertainty in games and climate change education». In: *Environmental Education Research* 29.10 (2023), pp. 1–20 (cit. a p. 22).
- [22] Christoffer Bodegård. *Esoteric Ebb*. Videogioco. 2026 (cit. a p. 48).
- [23] inkle. *Overboard!* Videogioco. 2021 (cit. a p. 48).
- [24] inkle. *Heaven's Vault*. Videogioco. 2019 (cit. a p. 48).
- [25] Shedworks. *Sable*. Videogioco. 2021 (cit. a p. 48).