

Politecnico di Torino

Politecnico di Torino

Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica (Computer Engineering)

A.a. 2025/2026

Sessione di laurea Settembre 2026

Entertainment games for complex problem-solving: implementing game design features for fostering knowledge and skill acquisition

Relatori:

Prof. Andrea BOTTINO

Prof. Carlo FABRICATORE

Candidato:

Salvatore CIMMINO

Indice

Elenco delle tabelle IV

Elenco delle figure V

Glossario VI

1 Introduzione 1
- 1.1 Contesto e motivazioni . . . 1
- 1.2 Problema di ricerca, obiettivi e contributi . . . 2
- 1.3 Struttura della tesi . . . 3

2 Background e stato dell'arte 4
- 2.1 Game-Based Learning e Serious Games . . . 4
- 2.2 Complex Problem Solving . . . 5
- 2.3 Linee guida CPS-GFC . . . 8
- 2.4 Crisis management come dominio applicativo . . . 12

3 Progettazione e sviluppo del Serious Game 14
- 3.1 Obiettivi e vincoli di progetto . . . 14
- 3.2 Riferimenti videoludici e scelte di design . . . 16
- 3.3 Concept, ambientazione e dramatic elements . . . 19
  - 3.3.1 Premessa, genere e ambientazione . . . 19
  - 3.3.2 Spazio, personaggi e direzione artistica . . . 20
  - 3.3.3 Struttura temporale . . . 23
- 3.4 Struttura del gameplay e sistema decisionale . . . 24
  - 3.4.1 Core gameplay loop . . . 24
  - 3.4.2 Stato del sistema, eventi e conseguenze . . . 25
  - 3.4.3 Raccolta delle informazioni e supporto alla decisione . . . 30
- 3.5 Applicazione delle CPS-GFC . . . 33
- 3.6 Implementazione tecnica e sviluppo . . . 38
  - 3.6.1 Strumenti e pipeline produttiva . . . 38

3.6.2 Prototipazione e sviluppo iterativo . . . 39
3.6.3 Architettura software e gestione dei dati . . . 42
3.7 Tutorial e onboarding . . . 46

4 Studio sperimentale e metodologia di analisi 48
4.1 Disegno dello studio e partecipanti . . . 48
4.2 Strumenti e procedura sperimentale . . . 50
4.3 Raccolta e preparazione dei dati . . . 53
4.4 Operazionalizzazione delle CPS-GFC . . . 55
4.5 Metodologia di analisi statistica . . . 61

5 Risultati 64
5.1 Descrizione del campione . . . 64
5.2 Performance di gioco e traiettorie . . . 65
5.3 Risultati relativi alle CPS-GFC . . . 68
5.4 System Usability Scale . . . 71
5.5 Game Experience Questionnaire . . . 73
5.6 Esperienza videoludica pregressa . . . 76
5.7 Intercorrelazioni tra gli indici CPS-GFC . . . 77

6 Discussione 80
6.1 Interpretazione dei risultati . . . 80
6.2 Implicazioni per il framework CPS-GFC . . . 84
6.3 Limitazioni . . . 87

7 Conclusioni 89

A Questionnaires 91
A.1 Pre-game questionnaire . . . 91
A.2 Post-game questionnaire . . . 93

Bibliografia 97

Elenco delle tabelle

2.1 Linee guida CPS-GFC e relative configurazioni PE e CPS [5]. . . . 11

3.1 Principali variabili dello stato di gioco. 26
3.2 Tipologie di squadre operative disponibili in *Crisis Room*. 27
3.3 Applicazione delle CPS-GFC in *Crisis Room*. 34
3.4 File prodotti dal sistema di logging. 45

4.1 Costruzione degli indici PE e CPS per le CPS-GFC analizzate. . . . 56
4.2 Criteri di valutazione della gestione del *Budget* per *Game Goals*. . . 58
4.3 Punteggi associati al ranking regionale per *Guiding Game Environment*. 58
4.4 Pesi utilizzati per la misura di adattamento alle risorse in *Risk–Reward*. 60
4.5 Livelli di commitment utilizzati per *Warning Information Flows*. . . 61

5.1 Principali caratteristiche del campione. 65
5.2 Principali indicatori di performance per esito della partita. 66

Elenco delle figure

2.1 Derivazione delle CPS-GFC 9

3.1 Riferimenti per la rappresentazione dello stato del sistema 17
3.2 Riferimenti per la struttura delle decisioni 18
3.3 Titolo di *Crisis Room* 20
3.4 Sala operativa di *Crisis Room* 21
3.5 Core gameplay loop di *Crisis Room* 25
3.6 Alternative decisionali e consultazione degli advisor 30
3.7 *Control Monitor* di *Crisis Room* 31
3.8 *Personnel Monitor* di *Crisis Room* 32
3.9 Evoluzione del prototipo di *Crisis Room* durante lo sviluppo. 40
3.10 Aspetto finale di *Crisis Room*. 41

4.1 Pipeline di raccolta e preparazione dei dati. 54
4.2 Sequenza delle analisi statistiche 63

5.1 Evoluzione media delle variabili globali in funzione dell'esito della partita. 67
5.2 Distribuzione degli indici PE e CPS per le CPS-GFC analizzate. . . 69
5.3 Correlazioni tra gli indici delle CPS-GFC e gli outcome di performance 70
5.4 Distribuzione dei punteggi SUS nel campione. 72
5.5 Correlazioni tra il punteggio SUS e gli indici CPS-GFC 72
5.6 Distribuzione dei punteggi delle tre componenti GEQ analizzate. . . 73
5.7 Correlazioni tra *Competence* e gli indici CPS-GFC 74
5.8 Correlazioni tra *Flow* e *Challenge* e gli indici CPS-GFC 75
5.9 Correlazioni di Spearman tra esperienza videoludica pregressa e outcome di performance. 76
5.10 Intercorrelazioni tra gli indici PE delle CPS-GFC 77
5.11 Intercorrelazioni tra gli indici CPS delle CPS-GFC 78

Glossario

CPS-GFC	Complex Problem Solving - Game Feature Configuration
CPS	Complex Problem Solving
PE	Player Engagement
PGW	Persistent Game World
UGE	Unexpected Game Events
UC	Unpredictable Characters
GG	Game Goals
GGE	Guiding Game Environment
SP	Safe Planning
PL	Prospective Learning
RR	Risk–Reward
WIF	Warning Information Flows
SUS	System Usability Scale
GEQ	Game Experience Questionnaire

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Contesto e motivazioni

I videogiochi costituiscono ambienti interattivi nei quali l'apprendimento del funzionamento del sistema è spesso parte integrante dell'esperienza di gioco. Per raggiungere gli obiettivi proposti, il giocatore deve progressivamente comprendere regole e meccaniche, interpretare le informazioni disponibili e adattare il proprio comportamento sulla base delle conseguenze delle azioni effettuate. Il gameplay può quindi favorire processi di acquisizione di conoscenze e abilità che, in determinate condizioni, possono risultare trasferibili anche al di fuori del contesto di gioco [1, 2]. Un ambito nel quale tali processi assumono particolare interesse è il *Complex Problem Solving* (CPS), che riguarda situazioni dinamiche nelle quali lo stato del sistema evolve nel tempo e le informazioni disponibili sono incomplete o incerte. La risoluzione di tali problemi non consiste nella semplice applicazione di una procedura nota, ma richiede di costruire e aggiornare progressivamente una rappresentazione della situazione, formulare possibili spiegazioni, scegliere strategie di intervento e modificarle alla luce degli effetti osservati [3, 4]. La gestione dell'incertezza e l'adattamento continuo delle decisioni rappresentano quindi elementi centrali di questo processo cognitivo.

Le caratteristiche proprie dei videogiochi rendono il medium particolarmente adatto alla rappresentazione di situazioni di questo tipo. Un sistema di gioco può infatti presentare al giocatore obiettivi concorrenti, risorse limitate, relazioni non completamente esplicite tra le variabili e conseguenze che emergono soltanto nel tempo. Allo stesso tempo, la natura interattiva del medium consente al giocatore di formulare strategie, osservarne gli effetti e rivedere le proprie decisioni attraverso cicli successivi di interazione con il sistema. La letteratura ha evidenziato come gli entertainment games possano offrire scenari complessi capaci di sollecitare capacità cognitive rilevanti per il CPS e di motivarne l'applicazione durante il gameplay

[5]. Diventa quindi rilevante comprendere come specifici elementi del game design possano essere utilizzati non soltanto per sostenere il coinvolgimento del giocatore, ma anche per favorire processi cognitivi connessi al CPS.

Un contributo recente allo studio del rapporto tra videogiochi e CPS è rappresentato dalla revisione sistematica proposta da Gyaurov, Fabricatore e Bottino [5]. Attraverso l'analisi di 22 framework metodologici per la progettazione e l'analisi di videogiochi, gli autori individuano 12 gameplay feature descritte in modo sufficientemente dettagliato da permetterne l'analisi sia rispetto al coinvolgimento del giocatore sia rispetto ai processi cognitivi associati alla gestione dell'incertezza. A partire da tali feature vengono successivamente formulate dieci linee guida, denominate CPS-GFC, ciascuna caratterizzata da una configurazione orientata al Player Engagement (PE) e da una configurazione orientata al Complex Problem Solving (CPS). Le linee guida forniscono quindi un riferimento progettuale per integrare all'interno del game design condizioni in grado di bilanciare il supporto al giocatore e la richiesta di affrontare situazioni caratterizzate da diversi livelli di incertezza.

1.2 Problema di ricerca, obiettivi e contributi

Le CPS-GFC forniscono indicazioni operative per la configurazione di specifiche feature di gioco, ma la loro applicazione in prodotti sviluppati esplicitamente per il game-based learning rappresenta ancora un ambito da approfondire. La stessa revisione individua infatti nei serious game una possibile direzione per lavori futuri [5]. Il passaggio da una linea guida progettuale a un sistema di gioco concreto richiede inoltre di adattarne le indicazioni alle caratteristiche del dominio, alle meccaniche disponibili e agli obiettivi dell'esperienza progettata. Una seconda questione riguarda la successiva valutazione dell'implementazione: le configurazioni proposte descrivono come determinate feature possano supportare il coinvolgimento del giocatore o i processi cognitivi associati al CPS, ma non definiscono direttamente metriche quantitative attraverso le quali osservare tali dimensioni durante l'interazione.

A partire da queste premesse, il presente lavoro ha avuto come obiettivo la progettazione, lo sviluppo e la valutazione di un serious game costruito utilizzando le CPS-GFC come riferimento per la definizione delle principali meccaniche e dei sistemi di gioco. Il dominio scelto è quello della gestione delle emergenze, utilizzato per rappresentare situazioni caratterizzate da informazione incompleta, evoluzione temporale, disponibilità limitata di risorse e interdipendenza tra decisioni e conseguenze. Le linee guida selezionate sono state adattate alla struttura del gioco e tradotte in meccaniche attraverso le quali il giocatore può raccogliere informazioni, formulare strategie e modificarle in risposta all'evoluzione del sistema.

Parallelamente alla loro applicazione progettuale, il lavoro propone un'operazionalizzazione empirica delle configurazioni considerate. Per le linee guida analizzate sono state definite misure ricavate sia dal comportamento registrato durante il gameplay sia dalla percezione riportata dai partecipanti mediante questionari self-report. Tali misure sono state successivamente utilizzate per costruire indicatori relativi alle componenti di Player Engagement e Complex Problem Solving e per studiarne la distribuzione e le relazioni con l'esperienza di gioco e con alcune misure di performance. Il serious game è stato infine valutato attraverso uno studio sperimentale con utenti, combinando dati di log, misure di usabilità e di esperienza del giocatore e item sviluppati specificamente per le configurazioni considerate.

1.3 Struttura della tesi

Il resto della tesi è organizzato come segue:

- il Capitolo 2 presenta il background teorico e lo stato dell'arte relativi al game-based learning, al Complex Problem Solving e alle linee guida CPS-GFC, introducendo inoltre il crisis management come dominio applicativo;
- il Capitolo 3 descrive la progettazione e lo sviluppo del serious game, approfondendone il concept, il core gameplay loop, i principali sistemi di gioco, l'applicazione delle CPS-GFC e gli aspetti principali dell'implementazione tecnica e dell'onboarding;
- il Capitolo 4 presenta il disegno dello studio sperimentale e la metodologia adottata per la raccolta e l'analisi dei dati, includendo gli strumenti di valutazione, la raccolta e preparazione dei dati di log, l'operazionalizzazione delle CPS-GFC e la metodologia di analisi statistica;
- il Capitolo 5 riporta i risultati dello studio, considerando gli indici relativi alle CPS-GFC, la performance di gioco, l'usabilità, l'esperienza di gioco e l'esperienza videoludica pregressa;
- il Capitolo 6 interpreta i risultati ottenuti e ne discute le implicazioni rispetto al framework CPS-GFC, insieme alle principali limitazioni del lavoro;
- il Capitolo 7 sintetizza le principali conclusioni e i contributi della tesi, indicando inoltre alcune possibili direzioni per lavori futuri.

Capitolo 2

Background e stato dell'arte

2.1 Game-Based Learning e Serious Games

L'impiego dei videogiochi come strumenti per supportare processi di apprendimento è stato oggetto di crescente interesse nella ricerca sul *game-based learning*. L'interattività propria del medium videoludico permette infatti di integrare l'acquisizione di conoscenze e abilità all'interno di attività orientate al raggiungimento di obiettivi, nelle quali il giocatore è chiamato ad agire sul sistema e a confrontarsi con le conseguenze delle proprie decisioni. Numerosi studi e revisioni della letteratura hanno analizzato gli effetti dell'impiego dei giochi in contesti di apprendimento, evidenziando risultati relativi non soltanto all'acquisizione di conoscenze, ma anche allo sviluppo di abilità e a dimensioni cognitive, comportamentali, affettive e motivazionali [6, 1, 2, 7]. Tali risultati hanno contribuito a consolidare l'interesse verso il videogioco non soltanto come mezzo attraverso cui presentare contenuti, ma come ambiente interattivo all'interno del quale l'apprendimento può emergere dalle attività svolte dal giocatore.

La terminologia utilizzata in questo ambito non è sempre uniforme. In generale, gli *entertainment games* sono sviluppati principalmente con finalità di intrattenimento, pur potendo generare processi di apprendimento durante il gameplay. Nei *serious games*, al contrario, il gioco viene progettato perseguendo esplicitamente finalità ulteriori rispetto al solo intrattenimento, quali l'apprendimento, la formazione o l'addestramento [6, 2]. Le due tipologie non sono tuttavia necessariamente contrapposte: anche un'esperienza progettata con uno scopo formativo deve mantenere attività di gioco capaci di sostenere l'interazione e il coinvolgimento del giocatore.

In questa prospettiva assume particolare rilevanza il concetto di *gameplay learning*, secondo cui l'apprendimento può emergere dall'interazione con il sistema di gioco stesso. Durante il gameplay, il giocatore interpreta lo stato del sistema,

acquisisce progressivamente conoscenze sulle regole che lo governano, definisce e pianifica le proprie azioni, ne osserva gli effetti e modifica di conseguenza il proprio comportamento [8]. L'apprendimento non costituisce quindi necessariamente un'attività separata dal gameplay, ma può essere integrato nelle azioni necessarie per perseguire gli obiettivi di gioco. In funzione delle attività e del contesto proposti, le conoscenze e le abilità sviluppate attraverso tale processo possono inoltre risultare rilevanti anche al di fuori dell'esperienza videoludica [1, 5].

Dal punto di vista progettuale, il coinvolgimento del giocatore rappresenta una condizione importante, ma non sufficiente, per sostenere l'apprendimento. Un'esperienza può infatti risultare motivante e coinvolgente senza necessariamente richiedere l'applicazione delle capacità cognitive che costituiscono l'obiettivo formativo. Per questo motivo, nei serious games risulta particolarmente importante integrare gli obiettivi di apprendimento direttamente nelle meccaniche e nelle decisioni richieste dal gameplay, evitando che la componente educativa rimanga separata dall'esperienza di gioco [2, 5]. La progettazione deve quindi considerare congiuntamente il mantenimento del coinvolgimento e la creazione di condizioni che sollecitino i processi cognitivi di interesse.

I serious games offrono quindi la possibilità di costruire ambienti controllati nei quali il giocatore può sperimentare strategie, osservarne le conseguenze e modificare il proprio comportamento senza i costi o i rischi associati a situazioni reali. La natura interattiva del medium permette inoltre di fornire feedback, rappresentare sistemi dinamici e proporre più volte situazioni analoghe in condizioni differenti. Tali potenzialità non garantiscono tuttavia, da sole, il raggiungimento degli obiettivi formativi: l'efficacia dell'esperienza dipende dal modo in cui contenuti, meccaniche e obiettivi di apprendimento vengono integrati nel game design, mentre il trasferimento delle conoscenze e delle abilità sviluppate nel gioco a contesti esterni rimane una questione rilevante nella valutazione di questi strumenti [1, 2, 7]. Diventa pertanto importante individuare approcci progettuali capaci di mettere in relazione le caratteristiche del gameplay con i processi cognitivi che si intende sostenere.

2.2 Complex Problem Solving

In termini generali, il *problem solving* può essere descritto come il processo attraverso il quale un individuo cerca di superare gli ostacoli che separano una situazione iniziale da uno stato obiettivo desiderato. Nella formulazione classica, un problema è quindi caratterizzato da uno stato iniziale, uno stato obiettivo e da una serie di vincoli o ostacoli che impediscono di raggiungere quest'ultimo in maniera immediata; la sua risoluzione richiede l'individuazione e l'applicazione di azioni o strategie che consentano di ridurre progressivamente tale distanza [9]. Questa rappresentazione

si applica particolarmente bene a problemi relativamente ben definiti, nei quali gli elementi rilevanti, l'obiettivo e le possibili operazioni sono almeno in larga parte identificabili. Molte situazioni reali presentano tuttavia condizioni differenti: gli obiettivi possono essere poco definiti, le informazioni disponibili incomplete e lo stesso problema può modificarsi mentre viene affrontato. È in relazione a situazioni di questo tipo che si sviluppa il concetto di CPS.

Una delle definizioni classiche del CPS lo descrive come un insieme di attività cognitive e comportamentali articolate in più passaggi, attraverso le quali il decisore cerca di superare le barriere tra uno stato iniziale e uno stato obiettivo in condizioni nelle quali tali elementi sono complessi, dinamici e non completamente trasparenti [10]. Una formulazione più recente amplia questa prospettiva descrivendo il CPS come un insieme di processi psicologici e attività autoregolate necessari per perseguire obiettivi non completamente definiti all'interno di ambienti dinamici, nei quali non è possibile affidarsi semplicemente ad azioni routinarie [3]. Il CPS non rappresenta quindi soltanto una versione quantitativamente più difficile del problem solving, ma riguarda situazioni nelle quali anche la comprensione del problema, le condizioni operative e le strategie appropriate devono essere costruite e continuamente aggiornate durante l'interazione con il sistema.

La risoluzione di un problema complesso non procede quindi secondo una sequenza lineare di operazioni predeterminate, ma richiede un'interazione continua tra comprensione del sistema e azione su di esso. Fischer, Greiff e Funke distinguono a questo proposito due processi principali: l'acquisizione della conoscenza (*knowledge acquisition*) e la sua applicazione orientata al raggiungimento degli obiettivi (*knowledge application*) [4]. Nella prima, il decisore esplora il sistema e utilizza le informazioni ottenute per costruirne una rappresentazione interna, individuando gli elementi e le relazioni maggiormente rilevanti. Nella seconda, tale rappresentazione viene utilizzata per formulare previsioni, selezionare interventi e orientare il sistema verso gli stati desiderati. Le due attività non costituiscono tuttavia fasi rigidamente separate: gli effetti delle azioni producono nuove informazioni, che possono richiedere di aggiornare la rappresentazione del problema e di modificare conseguentemente le strategie adottate.

Questo processo richiede di gestire contemporaneamente esigenze differenti. L'iniziale mancanza di trasparenza rende necessario generare nuove informazioni attraverso l'esplorazione; la quantità di elementi potenzialmente rilevanti richiede di selezionare e ridurre l'informazione disponibile; le interdipendenze tra le variabili impongono di costruire un modello del sistema; la sua evoluzione autonoma richiede decisioni dinamiche; infine, la presenza di obiettivi multipli o non completamente definiti rende necessaria una valutazione continua dei risultati raggiunti [4]. La rappresentazione costruita dal decisore rimane pertanto necessariamente parziale e soggetta a revisione durante l'intero processo di soluzione.

Una componente trasversale a queste attività è la gestione dell'incertezza. In un

sistema complesso, infatti, il decisore non dispone necessariamente di informazioni sufficienti per conoscere direttamente la presenza di un fenomeno, comprenderne le cause, prevederne gli effetti o ricostruire le regole che ne determinano l'evoluzione. Diventa quindi necessario formulare e revisionare progressivamente ipotesi sulla base delle informazioni disponibili e delle conseguenze osservate. Nell'analisi proposta da Gyaurov, Fabricatore e Bottino [5], la gestione dell'incertezza viene descritta attraverso quattro sottoprocessi cognitivi: *perception*, relativa all'individuazione degli elementi rilevanti della situazione; *hypothesis formulation*, attraverso cui vengono costruite possibili spiegazioni; *hypothesis selection*, mediante la quale viene selezionata l'ipotesi ritenuta più plausibile; e *hypothesis testing*, che consiste nella verifica dell'ipotesi attraverso nuove informazioni o attraverso gli effetti delle azioni effettuate. Questi sottoprocessi non devono essere interpretati come una sequenza rigidamente lineare, ma come componenti di un processo iterativo nel quale nuove osservazioni possono portare a rivedere ipotesi e decisioni precedenti.

Il CPS può quindi essere interpretato come un processo dinamico nel quale comprensione e intervento sul sistema si sviluppano congiuntamente. La capacità di esplorare una situazione, costruire modelli provvisori del suo funzionamento, agire in condizioni di informazione incompleta e rivedere le proprie strategie sulla base del feedback ricevuto costituisce un elemento centrale per affrontare problemi caratterizzati da complessità e incertezza. Queste proprietà rendono i sistemi di gioco un contesto particolarmente interessante per osservare e sollecitare processi di CPS, poiché consentono di costruire ambienti dinamici nei quali informazione, azione e feedback possono essere controllati attraverso il game design. La relazione tra sistemi di gioco e CPS è stata studiata considerando non soltanto la presenza di scenari complessi, ma anche i processi cognitivi e motivazionali attivati durante il gameplay. Alcuni studi hanno evidenziato relazioni tra motivazione, coinvolgimento e prestazione nel problem solving complesso in ambienti di game-based learning [11]. La presenza di un sistema articolato o di situazioni difficili non implica tuttavia, di per sé, che il giocatore sia portato ad applicare i processi caratteristici del CPS. Diventa quindi rilevante individuare quali proprietà del sistema di gioco possano sostenere l'esplorazione, la formulazione di ipotesi, l'adattamento delle strategie e la valutazione delle conseguenze.

In questa direzione, Gyaurov, Fabricatore e Lopez hanno proposto il *CPS-GBL Framework*, un framework teorico per l'analisi di sistemi di gioco capaci di sostenere processi di CPS all'interno di esperienze di game-based learning [12]. La proposta nasce dalla necessità di considerare congiuntamente due aspetti che la letteratura tendeva a trattare separatamente: la capacità di un ambiente di gioco di generare esperienze di apprendimento significative e quella di coinvolgere il giocatore in scenari complessi in maniera intrinsecamente motivante. A questo scopo, il framework integra tre prospettive complementari: l'*Information Flows Model*, utilizzato per descrivere il ruolo delle informazioni nei processi di problem solving;

l'*HF-GBL Framework*, che interpreta il gameplay come un'attività di costruzione di significato guidata dall'apprendimento; e la *Self-Determination Theory*, impiegata per considerare le componenti motivazionali dell'esperienza di gioco. Il risultato è un modello nel quale apprendimento, motivazione e interazione con il sistema vengono analizzati come componenti dello stesso processo di gameplay.

Il modello distingue due componenti principali: il *player-subject* e il *game space*. Il primo comprende sia il contesto interno del giocatore, legato alla motivazione e agli effetti dell'apprendimento, sia il processo di gameplay effettivamente messo in atto; il secondo comprende invece l'ambiente e gli eventi di gioco, insieme ai task e alle condizioni progettate dal game designer. L'interazione tra queste componenti assume una struttura ciclica: il giocatore identifica gli obiettivi da perseguire, esplora l'ambiente formulando ipotesi e anticipando possibili effetti, adatta i propri piani, compie azioni e ne valuta le conseguenze, utilizzando il feedback ottenuto per orientare le iterazioni successive. A partire da questa struttura, gli autori individuano sei principali affordance rilevanti per il CPS-GBL: l'interazione con elementi che riproducono scenari reali, la possibilità di definire autonomamente gli obiettivi, l'esecuzione di azioni analoghe a quelle reali, la gestione di eventi non completamente conoscibili o prevedibili e la valutazione delle conseguenze sia delle proprie azioni sia degli eventi esterni, adattando di conseguenza i propri piani [12]. Tali affordance vengono inoltre tradotte in uno strumento di analisi volto a valutare il loro contributo alla progressione nel gioco, alla motivazione, agli effetti dell'apprendimento e alla qualità dei flussi informativi disponibili al giocatore.

Il CPS-GBL Framework rappresenta quindi un esempio di approccio volto a mettere in relazione proprietà del sistema di gioco, attività del giocatore, processi di apprendimento e motivazione all'interno di un unico modello. Il rapporto tra caratteristiche del gameplay e capacità cognitive associate al CPS è stato successivamente affrontato anche da ricerche rivolte specificamente agli entertainment games.

2.3 Linee guida CPS-GFC

Nel 2025, Gyaurov, Fabricatore e Bottino hanno condotto una revisione sistematica dei framework metodologici utilizzati per l'analisi e la progettazione degli entertainment games, con l'obiettivo di individuare gameplay feature in grado di sostenere contemporaneamente il coinvolgimento del giocatore e le capacità cognitive associate al CPS [5]. La scelta di concentrarsi sugli entertainment games deriva dal loro potenziale di coinvolgere i giocatori in scenari complessi capaci di richiedere l'applicazione di tali capacità, a fronte di una letteratura che aveva evidenziato difficoltà nel raggiungere lo stesso equilibrio all'interno dei giochi sviluppati esplicitamente per finalità educative. La revisione analizza quindi le caratteristiche del

gameplay sia da una prospettiva game-centric sia da una prospettiva player-centric, con particolare attenzione al modo in cui esse possono supportare o richiedere la gestione dell'incertezza.

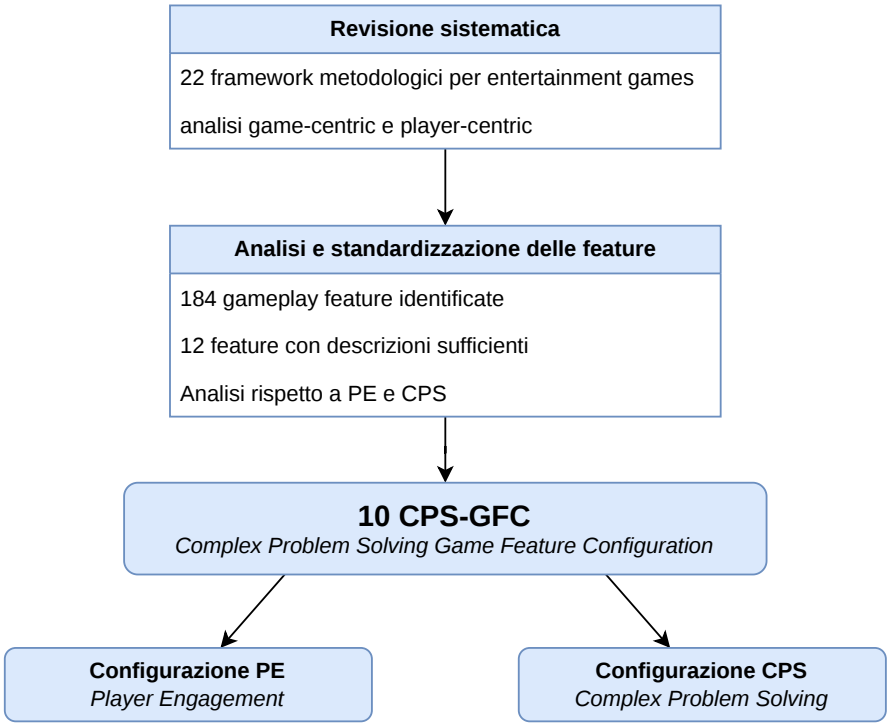


Figura 2.1: Sintesi del processo di derivazione delle CPS-GFC. Elaborazione propria a partire da Gyaurov, Fabricatore e Bottino [5].

I framework inclusi nella revisione sono stati selezionati attraverso una procedura basata sulle linee guida PRISMA e su criteri di eleggibilità definiti dagli autori, ottenendo un corpus finale di 22 framework metodologici [5]. Per rendere confrontabili approcci caratterizzati da terminologie e livelli di astrazione differenti, è stato sviluppato uno schema di codifica basato su tre riferimenti teorici complementari: la *Work System Theory* (WST), la *Cognitive Work Analysis* (CWA) e la teoria delle capacità cognitive Cattell–Horn–Carroll (CHC). La WST è stata utilizzata principalmente per descrivere gli elementi del sistema di gioco e le funzioni delle feature rispetto al coinvolgimento, mentre CWA e CHC hanno fornito il riferimento per interpretare come le diverse configurazioni potessero richiedere o supportare i processi cognitivi coinvolti nella gestione dell'incertezza.

L'analisi dei 22 framework ha portato all'identificazione di 184 gameplay feature

associate al coinvolgimento del giocatore. Non tutte risultavano tuttavia descritte con un livello di dettaglio sufficiente per ricostruirne la configurazione e le relative funzioni. La successiva analisi interpretativa ha pertanto ristretto l'insieme a 12 feature per le quali era possibile esaminare sia le proprietà associate al Player Engagement sia le potenziali affordance rispetto alla gestione dell'incertezza [5]. Per analizzare queste affordance, gli autori hanno considerato quattro aspetti fondamentali rispetto ai quali un fenomeno di gioco può risultare incerto: la sua presenza, le sue cause, i suoi effetti e le regole che ne determinano il comportamento. La disponibilità di informazioni relative a tali aspetti può essere gestita attraverso operazioni di rivelazione o occultamento: rivelare informazioni riduce l'incertezza e può supportare il giocatore nell'esecuzione dei sottoprocessi di *perception*, *hypothesis formulation*, *hypothesis selection* e *hypothesis testing*; occultarle aumenta invece l'incertezza e può richiedere al giocatore di attivare autonomamente gli stessi processi [5]. La relazione non implica una corrispondenza univoca tra un tipo di informazione e uno specifico sottoprocesso: la conoscenza o l'occultamento di un aspetto può infatti influire sulla gestione dell'incertezza relativa ad altri aspetti dello stesso fenomeno o di fenomeni differenti.

Questa logica viene formalizzata attraverso sette *Information Management Strategies* (IMS), utilizzate per interpretare le configurazioni delle gameplay feature individuate nella review. Le prime quattro strategie descrivono situazioni nelle quali rivelare o occultare informazioni su un fenomeno modifica la capacità del giocatore di gestire l'incertezza relativa a un altro; le restanti strategie considerano invece relazioni tra cause, effetti e regole appartenenti allo stesso fenomeno. Ad esempio, rendere note le regole che consentono l'accesso a determinati percorsi può supportare la formulazione di ipotesi sulle regole, ancora nascoste, che governano l'accesso ad altri percorsi; analogamente, occultare gli effetti di un comportamento imprevedibile può richiedere al giocatore di inferirne cause e regole sottostanti [5]. La configurazione delle informazioni diventa quindi il principale meccanismo attraverso cui una gameplay feature può modulare il livello di incertezza e, di conseguenza, il carico cognitivo richiesto al giocatore.

Le configurazioni ottenute rimanevano tuttavia legate ai diversi framework di provenienza e presentavano sovrapposizioni, terminologie eterogenee e una formulazione prevalentemente descrittiva. Gli autori hanno quindi proceduto a una fase di standardizzazione e consolidamento, unificando feature con funzioni analoghe e riformulando le configurazioni in forma prescrittiva. Da questo processo sono state ricavate dieci feature fondamentali del sistema di gioco, ciascuna associata a una configurazione orientata al Player Engagement e a una configurazione orientata alle capacità cognitive di CPS: le CPS-GFC [5]. Le dieci linee guida e le relative configurazioni sono riportate nella Tabella 2.1.

Le configurazioni PE e CPS associate a ciascuna linea guida rispondono a funzioni differenti ma complementari. La configurazione PE descrive le proprietà

Tabella 2.1: Linee guida CPS-GFC e relative configurazioni PE e CPS [5].

Feature fondamentale	**Configurazioni per il Player Engagement (PE) e le capacità cognitive di CPS**
Persistent Game World	**PE** – Dovrebbe mostrare l'inventario, eventi significativi, segni delle battaglie sull'avatar ed effetti persistenti delle azioni del giocatore sul mondo di gioco. **CPS** – Dovrebbe nascondere o rivelare le regole che determinano i cambiamenti dell'inventario, dello stato dell'avatar o del mondo di gioco persistente.
Unexpected Game Events	**PE** – Dovrebbe fornire schemi che regolano le interazioni del giocatore e gli eventi di gioco inattesi. **CPS** – Dovrebbe nascondere o rivelare le cause delle relazioni tra eventi di gioco inattesi locali e globali.
Unpredictable Characters	**PE** – Dovrebbe fornire entità ragionevoli, visibili e coerenti, caratterizzate da comportamenti imprevedibili. **CPS** – Dovrebbe nascondere o rivelare gli effetti dei comportamenti imprevedibili delle entità.
Game Goals	**PE** – Dovrebbe fornire collegamenti chiari ed esplorabili all'interno di una gerarchia non lineare di obiettivi. **CPS** – Dovrebbe rivelare le regole che governano l'esplorazione e la possibilità di tornare sui propri passi.
Guiding Game Environment	**PE** – Dovrebbe fornire una direzione verso l'obiettivo attraverso la forma dei livelli, il posizionamento degli oggetti collezionabili, la presenza di nemici e i cambiamenti ambientali. **CPS** – Dovrebbe rivelare la presenza di oggetti collezionabili, nemici e cambiamenti ambientali.
Safe Planning	**PE** – Dovrebbe fornire tempo indisturbato all'interno di un'area di protezione identificabile sulla base dei pattern dei pericoli, dei nemici o dell'ambiente circostante. **CPS** – Dovrebbe rivelare le regole che determinano il tempo indisturbato all'interno dell'area di protezione.
Unfamiliar Challenges	**PE** – Dovrebbe fornire sfide nuove e più difficili combinando elementi di gioco familiari in modi non familiari. **CPS** – Dovrebbe rivelare le regole degli elementi di gioco familiari.
Prospective Learning	**PE** – Dovrebbe fornire una meccanica di gioco che, una volta appresa, verrà utilizzata in una sfida futura. **CPS** – Dovrebbe rivelare le regole di una meccanica di gioco introdotta in precedenza.
Risk–Reward	**PE** – Dovrebbe fornire accesso condizionale a percorsi sicuri con ricompense ridotte e a percorsi pericolosi con ricompense maggiori. **CPS** – Dovrebbe rivelare le regole che determinano l'accessibilità e la sicurezza dei percorsi.
Warning Information Flows	**PE** – Dovrebbe fornire una sfida inevitabile di difficoltà evidente, accompagnata da segnali audio e visivi. **CPS** – Dovrebbe fornire segnali audio e visivi intensi.

attraverso le quali la feature può sostenere il coinvolgimento del giocatore, mentre quella CPS definisce come la disponibilità delle informazioni possa richiedere o supportare i processi di gestione dell'incertezza. In tre linee guida, *Persistent Game World*, *Unexpected Game Events* e *Unpredictable Characters*, la configurazione CPS può prevedere sia la rivelazione sia l'occultamento di informazioni, consentendo rispettivamente di ridurre o aumentare il livello di incertezza. Nelle restanti sette, invece, la configurazione CPS prevede la rivelazione di informazioni e svolge quindi principalmente una funzione di supporto alla gestione dell'incertezza [5]. L'integrazione di più CPS-GFC permette così di alternare condizioni che aumentano le richieste poste al giocatore e condizioni che forniscono il supporto necessario per affrontarle, ricercando un equilibrio tra coinvolgimento e processi cognitivi associati al CPS.

Le CPS-GFC non prescrivono pertanto singole meccaniche da implementare in modo isolato, ma indicano proprietà attraverso le quali diverse componenti del sistema di gioco possono essere configurate e combinate. La loro integrazione consente di intervenire sulla quantità e sulla natura dell'informazione disponibile in momenti differenti dell'esperienza, alternando situazioni nelle quali il giocatore deve costruire autonomamente una rappresentazione del sistema e situazioni nelle quali il gioco fornisce informazioni utili a sostenerne l'interpretazione. Gli autori sottolineano proprio la necessità di studiare ulteriormente le relazioni sistemiche tra le diverse feature, poiché il loro effetto complessivo dipende dal modo in cui esse interagiscono nel bilanciare richieste e supporto alla gestione dell'incertezza [5].

2.4 Crisis management come dominio applicativo

La gestione delle crisi costituisce un dominio nel quale i processi decisionali sono frequentemente caratterizzati da incertezza, pressione e necessità di interpretare situazioni in rapida evoluzione. Una definizione classica descrive infatti le crisi come condizioni nelle quali una minaccia significativa a strutture o valori fondamentali richiede l'assunzione di decisioni rilevanti in presenza di elevata incertezza e di vincoli temporali [13]. Studi successivi sul crisis management hanno evidenziato come la risposta a tali situazioni richieda non soltanto di scegliere tra alternative disponibili, ma anche di costruire progressivamente una comprensione di ciò che sta accadendo, coordinare differenti attori e risorse e adattare le decisioni all'evoluzione della situazione [14]. Una crisi non costituisce pertanto un problema statico con una soluzione predeterminata, ma un processo nel quale le condizioni operative e le informazioni disponibili possono modificarsi durante la stessa attività decisionale.

Queste proprietà presentano una forte affinità con le caratteristiche del CPS discusse nelle sezioni precedenti. Informazioni incomplete o ambigue richiedono

di formulare e aggiornare ipotesi sullo stato del sistema; l'interdipendenza tra più elementi rende possibile che un intervento produca conseguenze indirette; l'evoluzione temporale implica che gli effetti delle decisioni possano emergere soltanto successivamente e modificare il contesto nel quale verranno effettuate le scelte future. Inoltre, la presenza di obiettivi concorrenti e di risorse limitate può rendere impossibile ottimizzare contemporaneamente tutte le dimensioni del problema, richiedendo di valutare trade-off e conseguenze a breve e lungo termine. Il crisis management rappresenta quindi un contesto particolarmente adatto a costruire situazioni nelle quali comprensione del sistema e intervento su di esso devono procedere iterativamente, secondo dinamiche compatibili con quelle descritte per il CPS [3, 4].

Nel presente lavoro, il dominio della gestione delle emergenze è stato contestualizzato facendo riferimento al sistema italiano di Protezione Civile. Il Dipartimento della Protezione Civile, struttura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, svolge funzioni di indirizzo, promozione e coordinamento del Servizio Nazionale e opera nell'ambito della previsione e prevenzione dei rischi, della gestione delle emergenze e del loro superamento [15]. Il sistema reale coinvolge una pluralità di amministrazioni, strutture operative ed enti territoriali e attribuisce particolare importanza alla raccolta e alla condivisione delle informazioni, al monitoraggio dell'evoluzione delle emergenze e al coordinamento delle diverse componenti coinvolte. Tali caratteristiche hanno fornito un riferimento adatto per costruire un'ambientazione centrata sull'analisi di informazioni provenienti da fonti differenti e sull'assunzione di decisioni strategiche in risposta all'evoluzione di eventi e rischi.

Il riferimento alla Protezione Civile ha tuttavia una funzione prevalentemente narrativa e sistemica. Il serious game sviluppato in questa tesi non intende riprodurre fedelmente la struttura organizzativa, le competenze, le procedure operative o i processi decisionali adottati nella gestione reale delle emergenze. Il sistema reale è distribuito tra numerosi attori e livelli istituzionali, mentre il gioco ne opera deliberatamente una semplificazione, concentrando nel giocatore un ruolo decisionale strategico e rappresentando soltanto gli elementi funzionali agli obiettivi del serious game. L'esperienza non deve quindi essere interpretata come uno strumento di addestramento alle procedure della Protezione Civile, ma come un ambiente progettato per esercitare processi cognitivi trasferibili a situazioni caratterizzate da complessità sistemica.

Capitolo 3

Progettazione e sviluppo del Serious Game

3.1 Obiettivi e vincoli di progetto

L'obiettivo principale del progetto è stato lo sviluppo di un serious game volto a sollecitare processi riconducibili al CPS, utilizzando le CPS-GFC come riferimento per la definizione delle principali caratteristiche del sistema di gioco. Gli obiettivi formativi individuati nelle prime fasi di progettazione sono rimasti sostanzialmente invariati durante lo sviluppo: favorire la comprensione delle interdipendenze tra gli elementi di un sistema dinamico, richiedere decisioni in presenza di informazioni incomplete o incerte, rendere rilevante la valutazione di conseguenze immediate e differite e incoraggiare l'adattamento delle strategie sulla base del feedback ricevuto. Parallelamente, il progetto è stato concepito fin dall'inizio come un'esperienza che dovesse mantenere una propria identità ludica e non ridursi a un'interfaccia sperimentale costruita esclusivamente per la valutazione delle capacità cognitive. La necessità di conciliare PE e CPS, centrale nelle CPS-GFC, ha pertanto influenzato non soltanto le singole meccaniche ma anche la forma complessiva dell'esperienza. In questa prospettiva è stata scelta, ad esempio, una rappresentazione tridimensionale della sala operativa nella quale il giocatore può muoversi e interagire direttamente con i diversi strumenti disponibili, invece di organizzare l'intera esperienza come una successione di schermate e interfacce astratte.

Il target di riferimento è costituito principalmente da giovani adulti e studenti universitari, senza la necessità di possedere conoscenze pregresse nell'ambito della gestione delle emergenze. Il gioco è stato sviluppato per sistemi desktop Windows e macOS e utilizza un'interazione basata su mouse e tastiera. Nelle prime versioni, il movimento e l'interazione facevano maggiore affidamento sulla tastiera; l'osservazione dei primi tester durante lo sviluppo ha tuttavia mostrato una preferenza per

modalità di interazione più direttamente accessibili tramite mouse. L'interfaccia è stata quindi progressivamente adattata affinché la maggior parte delle azioni necessarie potesse essere effettuata mediante quest'ultimo, mantenendo la tastiera principalmente come modalità complementare per il movimento.

La lingua principale del gioco è l'inglese. Inizialmente era stata considerata anche una localizzazione completa in italiano, ma i vincoli temporali dello sviluppo hanno portato a mantenere una sola lingua per i contenuti di gioco; la sezione introduttiva *How to Play* è stata invece resa disponibile sia in italiano sia in inglese.

Lo sviluppo è stato realizzato individualmente nell'ambito del lavoro di tesi. Questo ha richiesto di bilanciare l'aderenza alle indicazioni progettuali delle CPS-GFC con la fattibilità tecnica, le risorse produttive disponibili e gli obiettivi artistici dell'esperienza. La scelta di una struttura single-player risponde anche a tale esigenza di contenimento dello scope, ma presenta al tempo stesso alcuni vantaggi rispetto agli obiettivi sperimentali del progetto: concentrando l'attività decisionale su un singolo giocatore è infatti possibile osservare più direttamente il modo in cui vengono raccolte le informazioni, formulate le strategie e prese le decisioni, evitando che processi di comunicazione, coordinamento e negoziazione tra più partecipanti introducano ulteriori variabili nell'interpretazione del comportamento osservato. Lo scope del gioco è stato quindi definito cercando un compromesso tra la necessità di costruire un sistema sufficientemente articolato da rappresentare situazioni complesse e quella di mantenerne realisticamente sostenibile lo sviluppo da parte di un singolo autore.

Un ulteriore vincolo ha riguardato la durata prevista dell'esperienza. Nelle prime fasi di progettazione l'obiettivo era mantenere una partita completa nell'ordine dei 20–25 minuti, così da ottenere una sessione relativamente breve e facilmente utilizzabile anche all'interno di uno studio sperimentale. I primi test hanno tuttavia evidenziato come una durata di questo tipo lasciasse poco spazio al giocatore per familiarizzare con il sistema e successivamente incontrare un numero sufficiente di situazioni nelle quali le diverse meccaniche potessero diventare rilevanti. In queste condizioni, una parte consistente dell'esperienza rischiava di riflettere soprattutto la curva iniziale di apprendimento del gioco, rendendo più difficile osservare il comportamento del giocatore rispetto alle configurazioni CPS-GFC implementate. La struttura temporale e i contenuti della partita sono stati pertanto ampliati durante lo sviluppo. La versione finale mantiene comunque il vincolo di poter essere completata all'interno di una singola sessione, mentre la durata effettivamente osservata durante lo studio viene analizzata nel Capitolo 5.

La necessità di valutare successivamente l'interazione con il sistema ha costituito infine un requisito trasversale allo sviluppo. Oltre alle informazioni raccolte mediante questionari, il gioco è stato progettato per registrare automaticamente dati relativi all'andamento della sessione, alle decisioni effettuate, agli eventi incontrati, alle consultazioni degli strumenti informativi e all'evoluzione dello stato del sistema.

I dati di log vengono salvati localmente, evitando dipendenze da servizi di rete, e resi facilmente recuperabili al termine della sessione. Questa scelta ha favorito l'esecuzione del gioco su dispositivi differenti, richiedendo tuttavia particolare attenzione alle modalità di recupero dei dati durante lo studio sperimentale, descritte nel Capitolo 4.

3.2 Riferimenti videoludici e scelte di design

La definizione del concept e delle principali meccaniche del serious game è stata accompagnata fin dalle prime fasi dall'analisi di alcuni videogiochi utilizzati come riferimenti di design. In particolare, *Plague Inc.*, *Rebel Inc.*, *Reigns* e *Sort the Court* hanno fornito esempi utili per affrontare aspetti differenti del problema progettuale: la rappresentazione di un sistema dinamico su scala territoriale, la gestione di risorse e supporto, la struttura delle decisioni e la presenza di conseguenze non completamente prevedibili. L'obiettivo non è stato quello di riprodurne direttamente le meccaniche, ma di individuare soluzioni già utilizzate in entertainment games e adattarle agli obiettivi formativi e alle configurazioni CPS-GFC considerate nel progetto.

Il riferimento principale per la rappresentazione dello stato del sistema è stato *Plague Inc.* [16], sviluppato da Ndemic Creations. Il gioco utilizza una mappa come elemento centrale dell'interfaccia, permettendo di osservare simultaneamente l'evoluzione di un fenomeno distribuito geograficamente e di ricavare informazioni attraverso variazioni cromatiche, indicatori e dati associati alle diverse aree. Questa impostazione ha costituito un riferimento per la scelta di rappresentare il territorio del serious game attraverso una mappa suddivisa in regioni, sulle quali vengono visualizzati livelli di rischio e condizioni infrastrutturali. La mappa non costituisce quindi soltanto un elemento di navigazione, ma una delle principali fonti attraverso cui il giocatore può costruire una rappresentazione dello stato complessivo del sistema e individuare differenze tra le diverse aree.

Alcuni elementi sono stati inoltre ripresi concettualmente da *Rebel Inc.* [17], sviluppato dallo stesso studio. In particolare, il gioco attribuisce un ruolo centrale al livello di supporto della popolazione e collega la disponibilità delle risorse economiche all'evoluzione di tale variabile. Questa relazione ha contribuito alla definizione delle due principali variabili globali del serious game, *Public Trust* e *Budget*, che non vengono considerate come dimensioni indipendenti ma partecipano congiuntamente all'evoluzione della partita. Un secondo riferimento è costituito dalla possibilità di distribuire unità sul territorio: nel serious game questa idea è stata reinterpretata attraverso la gestione di team di personale che possono essere assegnati alle diverse regioni per modificare la capacità del sistema di rispondere agli eventi e ai rischi presenti.



(a) *Plague Inc.*

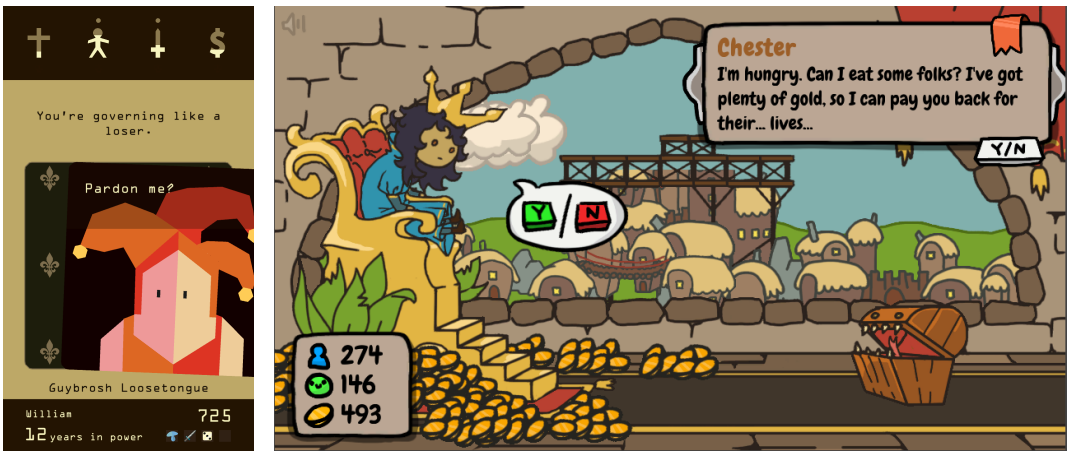


(b) *Rebel Inc.*

Figura 3.1: Riferimenti utilizzati per la rappresentazione territoriale e dello stato del sistema: *Plague Inc.* e *Rebel Inc.* Immagini tratte dai rispettivi materiali ufficiali di Ndemic Creations [16, 17].

Per la struttura delle decisioni, i riferimenti principali sono stati invece *Reigns* [18] e *Sort the Court* [19]. Entrambi organizzano una parte rilevante del gameplay attorno alla presentazione sequenziale di situazioni alle quali il giocatore deve rispondere scegliendo tra un numero limitato di alternative. Le decisioni modificano lo stato del sistema e contribuiscono progressivamente a determinare le condizioni

nelle quali verranno presentate le situazioni successive. Questa struttura consente di mantenere l'atto decisionale relativamente semplice sul piano dell'interazione, spostando la complessità sulla valutazione delle conseguenze e sulla gestione dell'evoluzione complessiva della partita.



(a) *Reigns* **(b)** *Sort The Court!*

Figura 3.2: Riferimenti utilizzati per la presentazione delle situazioni e delle decisioni: *Reigns* e *Sort the Court*. L'immagine di *Reigns* è tratta dalla relativa pagina dello store mobile [18]; l'immagine di *Sort the Court* è uno screenshot acquisito durante una sessione di gioco.

Nel serious game tale principio è stato mantenuto, ma ampliato introducendo decisioni caratterizzate da un numero variabile di alternative anziché da una scelta prevalentemente binaria. Inoltre, le informazioni relative agli effetti delle opzioni sono state deliberatamente limitate. Analogamente a quanto avviene in *Reigns*, il giocatore può ricevere indicazioni sulle dimensioni che una scelta tenderà a influenzare; tuttavia, nel sistema sviluppato soltanto la variazione economica viene generalmente resa esplicita, mentre numerosi effetti sulle variabili interne rimangono nascosti e vengono osservati attraverso la successiva evoluzione del sistema. Una decisione può quindi modificare, ad esempio, condizioni regionali, livelli di rischio, fiducia pubblica o altri parametri senza che l'entità dell'effetto venga necessariamente comunicata prima della scelta. Questa soluzione permette di mantenere semplice la presentazione delle alternative senza rendere completamente trasparente il modello sottostante, lasciando al giocatore il compito di inferire progressivamente alcune delle relazioni causa–effetto attraverso il feedback ricevuto.

Reigns e *Sort the Court* hanno inoltre costituito un riferimento per la costruzione di una struttura nella quale gli effetti delle decisioni non siano sempre completamente prevedibili al momento della scelta. In entrambi i titoli, la successione di

situazioni e conseguenze contribuisce a creare un sistema nel quale il giocatore deve progressivamente costruire aspettative sul funzionamento del gioco, senza disporre necessariamente di una descrizione completa delle relazioni sottostanti. Nel serious game questo principio è stato sviluppato attraverso un sistema nel quale eventi, condizioni precedenti e stato delle regioni possono influenzare le situazioni presentate e i relativi esiti, anche attraverso componenti probabilistiche. Partite differenti possono quindi evolvere secondo traiettorie diverse anche a partire da strategie simili, riducendo la possibilità di ricondurre l'esperienza alla memorizzazione di una sequenza fissa di risposte.

I riferimenti considerati hanno quindi contribuito a definire due principi complementari del design. Da una parte, lo stato del sistema doveva essere sufficientemente leggibile da consentire al giocatore di costruirne progressivamente una rappresentazione attraverso mappe, indicatori e variabili globali; dall'altra, le conseguenze delle decisioni non dovevano essere completamente esplicitate, così da preservare condizioni di incertezza e rendere rilevanti l'osservazione del feedback e l'adattamento delle strategie. La semplicità dell'interazione decisionale tipica dei titoli considerati è stata pertanto combinata con un sistema sottostante più articolato, nel quale decisioni, eventi e condizioni territoriali possono produrre effetti interdipendenti nel tempo. Questi principi hanno quindi contribuito alla definizione del concept e delle successive scelte di design del serious game, insieme ai requisiti derivati dalle CPS-GFC e ai vincoli specifici del progetto.

3.3 Concept, ambientazione e dramatic elements

3.3.1 Premessa, genere e ambientazione

Il serious game sviluppato nel presente lavoro prende il nome di *Crisis Room* e pone il giocatore nel ruolo di *National Civil Protection Coordinator*, responsabile della gestione strategica delle emergenze per una fittizia *National Civil Protection Agency*. La premessa assegna al giocatore il compito di affrontare le situazioni che emergono nel corso della partita bilanciando le risorse disponibili, la protezione della popolazione e il mantenimento della fiducia pubblica. Il ruolo è volutamente definito a un livello strategico e astratto: come discusso nella Sezione 2.4, l'obiettivo non è riprodurre procedure o responsabilità appartenenti a una reale organizzazione di Protezione Civile, ma utilizzare il dominio della gestione delle emergenze come cornice per la rappresentazione di un problema dinamico caratterizzato da incertezza, interdipendenze e conseguenze distribuite nel tempo.

Anche il titolo contribuisce a esplicitare questa impostazione. Il sottotitolo *A Civil Protection Simulator for Complex Problem Solving* richiama graficamente l'acronimo CPS sia attraverso l'espressione *Civil Protection Simulator* sia attraverso

Complex Problem Solving, mettendo in relazione il dominio narrativo del gioco con l'obiettivo cognitivo che ne ha guidato la progettazione.



Figura 3.3: Titolo e sottotitolo di *Crisis Room*.

Dal punto di vista del genere, *Crisis Room* combina una struttura decisionale con elementi strategici, gestionali e di simulazione. Il fulcro dell'esperienza rimane tuttavia la valutazione delle informazioni disponibili e la selezione di interventi capaci di modificare l'evoluzione del sistema.

L'ambientazione è stata costruita intenzionalmente senza riferimenti diretti a una specifica nazione reale. Il territorio rappresentato nel gioco è completamente fittizio ed è suddiviso in cinque regioni, denominate *North*, *South*, *Center*, *East* e *West*. Anche la relativa mappa è stata realizzata appositamente per il progetto, evitando corrispondenze geografiche intenzionali con paesi esistenti. Questa scelta consente di utilizzare elementi riconoscibili del crisis management e dell'organizzazione territoriale senza suggerire una corrispondenza tra le dinamiche simulate e quelle di uno specifico sistema nazionale. L'astrazione geografica permette inoltre di concentrare l'attenzione sulle relazioni tra stato delle regioni, rischi, risorse ed eventi, piuttosto che sulla conoscenza pregressa di un territorio reale.

3.3.2 Spazio, personaggi e direzione artistica

L'intera esperienza si svolge all'interno di una singola sala operativa tridimensionale. La scelta di rappresentare fisicamente lo spazio di lavoro deriva dalla volontà di evitare che un sistema fortemente basato su dati, indicatori e decisioni venisse percepito esclusivamente come una successione di interfacce astratte. La stanza svolge pertanto anche la funzione di metafora spaziale dell'interfaccia: le diverse attività disponibili al giocatore sono associate a elementi riconoscibili dell'ambiente e richiedono di rivolgersi fisicamente alla relativa fonte di informazione o strumento operativo.

Gli elementi funzionali principali sono distribuiti all'interno della sala: il tavolo centrale costituisce il punto nel quale vengono esaminate e selezionate le decisioni; il monitor principale permette di consultare mappe e indicatori relativi allo stato del territorio; una postazione dedicata consente la gestione del personale; l'Assistente e i quattro advisor costituiscono invece fonti informative personificate. Lo spazio è

completato da scrivanie, computer, pannelli, libri e altri elementi scenici con una funzione prevalentemente ambientale. In questo modo la sala mantiene l'aspetto di un luogo di lavoro credibile pur senza cercare una ricostruzione realistica di una reale centrale operativa.



Figura 3.4: Sala operativa di *Crisis Room*

La presenza dei personaggi all'interno della sala risponde alla stessa volontà di ridurre l'astrazione dell'interazione e di attribuire una forma riconoscibile alle diverse fonti informative. Il protagonista, controllato direttamente dal giocatore, è stato mantenuto volutamente poco caratterizzato, così da non sovrapporre una personalità predefinita al ruolo decisionale assunto durante la partita. Nelle prime fasi di sviluppo era stata considerata la possibilità di scegliere tra un personaggio maschile e uno femminile; tale opzione è stata successivamente eliminata per ridurre la complessità produttiva e mantenere l'attenzione sugli elementi maggiormente rilevanti per il gameplay. Il secondo modello è stato quindi riutilizzato per l'Assistente, personaggio attraverso il quale vengono presentate alcune informazioni introduttive e con il quale il giocatore conferma le decisioni prese durante il proprio turno.

I quattro advisor rappresentano invece differenti prospettive attraverso le quali interpretare lo stato del sistema: Geologo, Ingegnere, Meteorologo e responsabile delle Pubbliche Relazioni. La loro caratterizzazione visiva utilizza intenzionalmente elementi semplici e immediatamente riconoscibili, in alcuni casi volutamente stereotipati, così da permettere al giocatore di associare rapidamente ciascun personaggio alla relativa area di competenza. Tale caratterizzazione rimane tuttavia prevalentemente funzionale: gli advisor non possiedono archi narrativi o sistemi

comportamentali complessi e costituiscono principalmente una personificazione delle diverse fonti informative disponibili nella sala. Una caratterizzazione più articolata era stata inizialmente considerata anche per avvicinare maggiormente il sistema alla configurazione di *Unpredictable Characters*, ma è stata successivamente ridimensionata per evitare di aggiungere un ulteriore livello di complessità a un sistema decisionale già basato su numerose variabili e relazioni.

Il responsabile delle Pubbliche Relazioni costituisce una parziale eccezione rispetto agli altri advisor. Mentre Geologo, Ingegnere e Meteorologo forniscono principalmente informazioni relative agli eventi e alle crisi di propria competenza, il PR è maggiormente orientato alla relazione tra le decisioni e la popolazione: fornisce una rappresentazione qualitativa del livello di *Public Trust* e propone interventi specificamente rivolti alla gestione della fiducia pubblica. Questa differenza consente di mantenere riconoscibile il ruolo di ciascun advisor non soltanto attraverso l'aspetto visivo, ma anche attraverso la funzione svolta nel sistema di gioco.

La direzione artistica segue prevalentemente uno stile low-poly, scelto sia in funzione delle risorse disponibili per uno sviluppo individuale sia per mantenere una rappresentazione visivamente leggibile e coerente tra personaggi e ambiente. Una maggiore ricerca di realismo avrebbe richiesto una produzione artistica significativamente più complessa e avrebbe inoltre rischiato di attribuire maggiore peso alla caratterizzazione dei singoli personaggi rispetto alle decisioni e allo stato del sistema, che costituiscono il fulcro dell'esperienza. Lo stile adottato permette invece di suggerire un contesto serio e riconoscibile senza ricercarne una rappresentazione strettamente realistica.

La stessa scelta di astrazione è stata applicata alla rappresentazione delle conseguenze delle emergenze. Il gioco utilizza una misura aggregata di *Victims*, senza distinguere esplicitamente tra feriti e decessi. Una distinzione più dettagliata era stata considerata nelle prime fasi di progettazione, ma è stata successivamente abbandonata sia per contenere il numero di variabili da comunicare al giocatore sia per mantenere il tono dell'esperienza serio ma non eccessivamente realistico nella rappresentazione delle conseguenze umane delle crisi.

La componente narrativa rimane complessivamente minimale e non segue una trama predefinita. La cornice narrativa è costruita principalmente attraverso il ruolo assegnato al giocatore, l'ambientazione della sala operativa, i personaggi presenti e alcuni elementi diegetici utilizzati nell'introduzione e nel tutorial. Durante la partita, la successione di eventi, decisioni e conseguenze genera invece una forma di narrazione emergente, dipendente dallo stato del sistema e dalle scelte effettuate dal giocatore. L'ambientazione e i dramatic elements svolgono quindi soprattutto la funzione di fornire coerenza e contesto alle attività decisionali, senza introdurre una struttura narrativa separata dal gameplay.

3.3.3 Struttura temporale

Nelle prime fasi di progettazione era stata valutata anche una struttura suddivisa in scenari tematici, successivamente sostituita da un'unica struttura di gioco continua, più adatta a rappresentare l'evoluzione congiunta di eventi, decisioni e conseguenze nel tempo.

Anche la granularità dell'avanzamento temporale è stata oggetto di diverse iterazioni. Una prima possibilità consisteva nel rappresentare la progressione attraverso turni puramente astratti, indicati semplicemente come "Turn 1", "Turn 2" e così via. Questa soluzione rendeva tuttavia poco percepibile il trascorrere del tempo e, di conseguenza, la distanza temporale tra una decisione e i suoi effetti. È stata successivamente valutata una rappresentazione basata su singoli giorni, facendo avanzare direttamente la data da una situazione alla successiva. Poiché gli eventi non si verificano a intervalli regolari, questa soluzione avrebbe però prodotto salti temporali molto differenti tra loro, rendendo potenzialmente meno immediata la lettura della progressione della partita. La soluzione finale mantiene quindi una struttura a turni, associando però ciascuno di essi a una settimana di calendario. Il turno viene mostrato attraverso un intervallo di date, ad esempio "1–7 June 2026", combinando così una progressione temporale regolare con un riferimento concreto al trascorrere del tempo.

Definita la settimana come unità temporale, una prima versione della partita prevedeva una durata complessiva di 104 settimane, corrispondenti a due anni simulati. I test effettuati durante lo sviluppo hanno tuttavia mostrato che questa configurazione produceva sessioni eccessivamente lunghe rispetto agli obiettivi del progetto, soprattutto considerando la presenza del tutorial e il tempo necessario alla consultazione delle diverse fonti informative. La durata è stata quindi ridotta nella versione finale a 52 settimane, equivalenti a un anno simulato, mantenendo una finestra temporale sufficientemente ampia per consentire l'emergere di conseguenze differite e relazioni tra decisioni prese in momenti differenti.

L'avanzamento settimanale viene rappresentato attraverso una timeline che permette al giocatore di collocare temporalmente le proprie decisioni e l'evoluzione del sistema. La disponibilità economica viene inoltre aggiornata periodicamente all'inizio di ciascun nuovo periodo mensile, creando una scansione ulteriore all'interno dell'anno. L'obiettivo generale consiste nel raggiungere la fine delle 52 settimane mantenendo operativo il sistema e preservando un livello positivo di *Public Trust*. L'azzeramento di quest'ultima determina la conclusione anticipata della partita, mentre il *Budget* può assumere valori negativi senza causare direttamente il fallimento, producendo tuttavia conseguenze negative sulla fiducia pubblica e influenzando la valutazione finale della sessione. Le regole che determinano l'evoluzione di queste variabili vengono approfondite nella Sezione 3.4.

3.4 Struttura del gameplay e sistema decisionale

La struttura del gameplay e il sistema decisionale di *Crisis Room* sono stati sviluppati fin dalle prime fasi in relazione alle CPS-GFC, che hanno costituito un riferimento progettuale per l'organizzazione dei turni, la distribuzione delle informazioni, la gestione degli eventi e la costruzione delle decisioni. Lo sviluppo di queste componenti è quindi proceduto congiuntamente alla selezione e all'adattamento delle linee guida, cercando di tradurre nel sistema di gioco sia i requisiti di PE sia quelli relativi ai processi cognitivi associati al CPS. In questa sezione vengono descritti il funzionamento generale della partita, le principali variabili che compongono lo stato del sistema e le modalità attraverso cui il giocatore raccoglie informazioni e prende decisioni.

3.4.1 Core gameplay loop

La partita è organizzata come una sequenza di turni settimanali. All'inizio di ogni settimana il sistema aggiorna lo stato del territorio e determina l'eventuale presenza di nuove situazioni da affrontare. In funzione delle condizioni del sistema, un turno può non presentare eventi rilevanti oppure includere un warning, una crisi o escalation, o la combinazione di un warning e di un evento maggiore. Quando nella stessa settimana sono presenti più situazioni, queste concorrono alla definizione del medesimo contesto decisionale: il giocatore deve quindi valutare le alternative considerando congiuntamente gli eventi attivi e le possibili interazioni tra le relative conseguenze. Quando è presente un evento, il giocatore riceve un breve briefing iniziale da parte dell'advisor principale associato a quella situazione, che ne introduce la natura e fornisce un primo contesto per la decisione.

A partire da questo momento il giocatore può avviare il processo decisionale interagendo con il tavolo centrale. Il tavolo mostra un insieme iniziale di opzioni, tra cui sono generalmente presenti almeno una decisione a costo nullo e una decisione più costosa, spesso associata a un intervento più incisivo. Non tutte le alternative potenzialmente disponibili sono però immediatamente accessibili: alcune risultano bloccate e indicano il requisito necessario per renderle disponibili, che può consistere nella consultazione di uno specifico advisor oppure nel soddisfacimento di determinate condizioni sullo stato del sistema.

Il gameplay loop del turno è pertanto basato su un'alternanza tra selezione provvisoria, raccolta opzionale di informazioni e conferma finale. Il giocatore può scegliere una decisione già disponibile senza effettuare ulteriori consultazioni, ma può anche esplorare liberamente le diverse fonti informative prima di assumere una scelta definitiva. Una volta individuata l'opzione ritenuta più opportuna, la decisione non viene confermata direttamente sul tavolo: il giocatore deve uscire dalla schermata e parlare con l'Assistente, che svolge la funzione di conferma

finale del turno. Questo passaggio separa volutamente la fase di esplorazione da quella di impegno decisionale, riducendo il rischio che la scelta finale avvenga in modo impulsivo o accidentale. La soluzione introduce tuttavia un'ulteriore frizione nell'interazione, segnalata come poco fluida in alcuni dei commenti informali raccolti durante le sessioni di valutazione.

Dopo la conferma, la decisione non può più essere modificata. Il sistema applica quindi gli effetti previsti, alcuni dei quali diventano immediatamente effettivi mentre altri vengono programmati o producono conseguenze nelle settimane successive. Prima dell'avvio del nuovo turno vengono inoltre aggiornate le condizioni del sistema e determinate le eventuali nuove situazioni da presentare al giocatore. In assenza di eventi, il giocatore può comunque utilizzare la settimana per consultare le informazioni disponibili e riorganizzare il personale prima di procedere. La relazione tra le attività del giocatore e i processi interni del sistema è sintetizzata nella Figura 3.5.

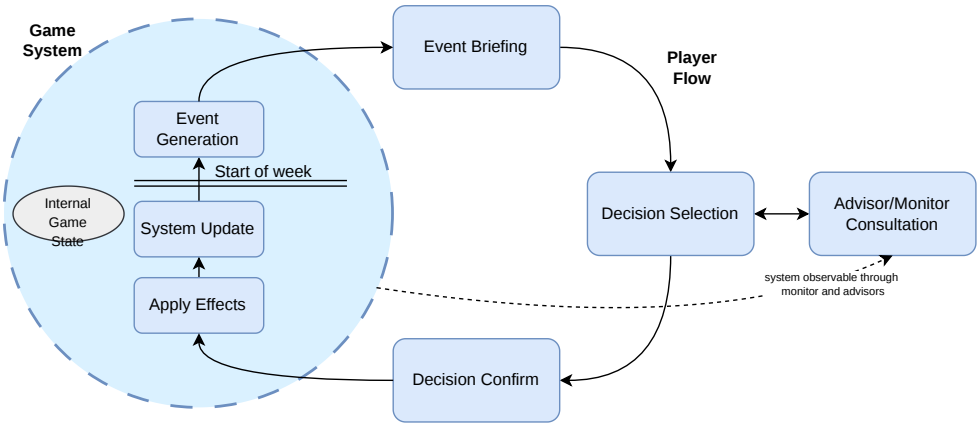


Figura 3.5: Core gameplay loop di *Crisis Room*. Il ciclo esterno rappresenta le principali attività svolte dal giocatore durante un turno, mentre il blocco interno sintetizza i processi attraverso cui il sistema applica gli effetti delle decisioni, aggiorna lo stato di gioco e genera gli eventi della settimana successiva.

3.4.2 Stato del sistema, eventi e conseguenze

Lo stato del gioco è rappresentato attraverso un insieme di variabili distribuite su due livelli: un livello globale, che descrive condizioni generali della partita, e un livello regionale, che modella la situazione specifica di ciascuna delle cinque regioni del territorio. La Tabella 3.1 riassume le principali variabili considerate dal sistema.

Tabella 3.1: Principali variabili dello stato di gioco.

Livello	**Variabile**	**Funzione**
Globale	*Budget*	Rappresenta le risorse economiche disponibili per finanziare interventi, acquisire nuove squadre operative e sostenere attività di prevenzione o risposta.
Globale	*Public Trust*	Rappresenta il livello di fiducia e consenso della popolazione nei confronti della gestione delle emergenze; influisce sul budget mensile e costituisce la principale condizione di fallimento.
Regionale	*Victims*	Indica l'impatto umano degli eventi in ciascuna regione. I valori regionali contribuiscono alla valutazione complessiva dell'andamento della partita.
Regionale	*Infrastructure*	Descrive lo stato delle infrastrutture regionali e condiziona l'efficacia della risposta alle emergenze.
Regionale	Rischi	Per ciascuna regione vengono mantenuti livelli di *Seismic Risk*, *Hydrogeological Risk*, *Climate Risk* e *Technological Risk* che influenzano la probabilità e la tipologia degli eventi futuri.
Regionale	*Personnel*	Rappresenta la disponibilità di squadre operative assegnate alla regione e incide sia sull'accessibilità di alcune decisioni sia sull'efficacia della risposta alle emergenze.

All'inizio di una nuova partita, il *Budget* globale è inizializzato a 200, mentre la *Public Trust* assume un valore iniziale pari a 50 (`Moderate`) su una scala interna compresa tra 0 e 100. Questi valori costituiscono le condizioni di partenza comuni a tutte le sessioni.

Tra queste variabili esistono numerose relazioni di dipendenza. Il *Budget* rappresenta il vincolo economico immediatamente più visibile per il giocatore, ma non agisce in modo isolato: la sua disponibilità periodica dipende anche dall'andamento della *Public Trust*, cosicché un calo della fiducia pubblica può riflettersi indirettamente sulla capacità futura di finanziare nuovi interventi. La *Public Trust*, a sua volta, non è soltanto una misura simbolica del consenso: alcune decisioni richiedono un livello minimo di fiducia per poter essere selezionate, mentre il suo azzeramento determina la conclusione anticipata della partita. La *Public Trust* è rappresentata internamente attraverso un valore numerico compreso tra 0 e 100, ma tale valore non viene mostrato direttamente al giocatore. L'interfaccia ne fornisce invece una rappresentazione qualitativa articolata nei livelli `Critically Low`, `Low`, `Moderate`, `High` e `Very High`. Questa distinzione tra stato interno e informazione resa disponibile al giocatore viene approfondita nella Sezione 3.4.3. Le variabili regionali contribuiscono invece a modellare la specificità locale delle emergenze, rendendo possibile che territori differenti presentino contemporaneamente

vulnerabilità, bisogni e priorità diverse.

Un ruolo particolarmente importante è svolto dal sistema dei rischi regionali. Ciascuna regione mantiene infatti un proprio profilo rispetto ai quattro ambiti di rischio considerati dal gioco: sismico, idrogeologico, climatico e tecnologico. Questi livelli non costituiscono semplicemente informazioni descrittive, ma influenzano l'evoluzione della partita, contribuendo alla probabilità e alla distribuzione territoriale degli eventi. In questo modo, l'osservazione della distribuzione dei rischi sul territorio diventa rilevante non soltanto per interpretare la situazione attuale, ma anche per anticipare possibili sviluppi futuri. Analogamente alla *Public Trust*, anche lo stato delle infrastrutture e i quattro livelli di rischio sono modellati internamente su una scala compresa tra 0 e 100. L'interfaccia non espone tuttavia direttamente tali valori numerici, ma ne fornisce rappresentazioni visive sintetiche attraverso le mappe del Control Monitor, descritte nella Sezione 3.4.3.

Il personale costituisce una componente intermedia tra gestione delle risorse e risposta operativa. Nelle prime fasi di progettazione era stato pensato come una meccanica secondaria, utile soprattutto a offrire una forma di micromanagement ai giocatori maggiormente interessati all'ottimizzazione del sistema. Durante lo sviluppo, tuttavia, questa componente è stata progressivamente integrata più strettamente nel gameplay, fino a diventare un sottosistema leggero ma significativo. La disponibilità di personale in una regione non solo può essere richiesta per rendere selezionabili alcune decisioni, ma contribuisce anche alla riduzione dell'impatto degli eventi, in particolare rispetto al numero di *Victims*. Al tempo stesso, la sua efficacia dipende dallo stato delle infrastrutture: una regione fortemente danneggiata è meno in grado di valorizzare le squadre operative disponibili, aggiungendo un ulteriore

Tabella 3.2: Tipologie di squadre operative disponibili in *Crisis Room*.

Squadra	**Personale**	**Costo**	**Dispiegamento**	**Caratteristiche**
Fast Team	5	20	Immediato	Squadra leggera caratterizzata dalla possibilità di essere dispiegata o trasferita senza attendere il turno successivo.
Medium Team	8	15	1 settimana	Offre una capacità operativa intermedia a un costo relativamente contenuto.
Large Team	15	25	1 settimana	Fornisce la maggiore quantità di personale operativo, a fronte del costo più elevato.
Repair Team	5	15	1 settimana	Oltre a fornire personale operativo, ripristina automaticamente un punto di *Infrastructure* al termine di ogni settimana di attività.

trade-off di cui il giocatore deve tenere conto.

Il sistema distingue quattro tipologie principali di squadra: *Fast Team*, *Medium Team*, *Large Team* e *Repair Team*, le cui caratteristiche principali sono sintetizzate nella Tabella 3.2. Le differenze tra capacità operativa, costo e tempo di dispiegamento introducono un ulteriore livello di trade-off nella gestione delle risorse.

In particolare, il *Fast Team* rende disponibile un numero relativamente ridotto di operatori a un costo superiore rispetto al *Medium Team*, compensando tale svantaggio con il dispiegamento immediato. Il *Large Team* massimizza invece la capacità operativa, mentre il *Repair Team* affianca alla presenza di personale una funzione specifica di ripristino delle infrastrutture. Le squadre possono essere acquistate e successivamente assegnate o trasferite tra le cinque regioni attraverso il *Personnel Monitor*; ad eccezione del *Fast Team*, le modifiche alla loro distribuzione diventano effettive dopo una settimana, rafforzando il carattere pianificatorio della meccanica.

L'evoluzione dello stato di gioco avviene principalmente all'inizio di ciascun turno. Prima della presentazione di nuove situazioni vengono aggiornate le componenti temporali e regionali del sistema: avanzamento del tempo, eventuale assegnazione periodica del *Budget*, decadimento delle infrastrutture, variazione dei livelli di rischio, stato delle crisi già attive e durata di eventuali modificatori temporanei. Solo successivamente vengono determinate le situazioni che caratterizzeranno la nuova settimana.

Il sistema distingue tre principali categorie di eventi: *warning*, crisi ed escalation. Nelle prime fasi di progettazione era stata considerata una struttura basata esclusivamente su warning e crisi; l'esigenza di rappresentare situazioni capaci di evolvere nel tempo ha successivamente portato all'introduzione di crisi estese su più turni e di escalation associate al loro sviluppo. I warning sono situazioni circoscritte a un singolo turno e hanno principalmente la funzione di modificare lo stato del sistema o introdurre condizioni che possono diventare rilevanti successivamente. Le crisi costituiscono invece eventi persistenti: al momento della loro generazione vengono determinati, sulla base di parametri predefiniti per ciascun evento, una durata e un livello di intensità. A partire dai turni successivi al primo possono inoltre verificarsi escalation, determinate da sequenze predefinite, condizioni sullo stato del sistema o componenti probabilistiche. In ciascun turno può essere generato al massimo un warning e, parallelamente, una situazione di maggiore gravità: se non è presente una crisi attiva il sistema può tentare di generarne una nuova, mentre in presenza di una crisi può verificarne un'eventuale escalation. Una settimana può quindi non presentare alcun evento, contenere soltanto un warning o una crisi/escalation, oppure combinare entrambe le tipologie. La combinazione tra stato persistente e generazione probabilistica fa sì che anche partite caratterizzate da strategie simili possano seguire traiettorie differenti, pur mantenendo una relazione coerente tra

vulnerabilità del sistema ed eventi generati.

Durante il tutorial questa logica probabilistica viene temporaneamente sostituita da una sequenza controllata di eventi, così da garantire che il giocatore incontri in modo prevedibile le meccaniche necessarie all'apprendimento iniziale.

Una volta determinati gli eventi della settimana, il sistema costruisce quindi l'insieme delle opzioni decisionali in funzione dell'evento, dello stato corrente e dei requisiti associati alle singole alternative. Solo a questo punto la situazione viene presentata al giocatore attraverso il briefing iniziale e le fonti informative disponibili nella sala operativa.

Le decisioni possono modificare numerose componenti dello stato di gioco. Il costo in *Budget* costituisce l'effetto immediatamente visibile al giocatore, mentre altri effetti possono intervenire sulla *Public Trust*, sullo stato delle infrastrutture, sui livelli di rischio regionali o su modificatori utilizzati dal sistema nelle settimane successive. Alcune scelte possono inoltre impostare condizioni persistenti o flag utilizzati da eventi futuri, rendendo disponibili nuove alternative oppure modificando l'esito di situazioni successive. Le conseguenze di una decisione possono pertanto essere immediate, differite o dipendere dal verificarsi di condizioni future.

Le crisi producono *Victims* in corrispondenza della loro generazione iniziale e degli eventuali turni nei quali si verifica un'escalation, mentre i turni intermedi mantengono attiva la crisi senza produrre necessariamente nuove vittime. Nei turni in cui vengono generate nuove *Victims*, l'intensità dell'evento viene combinata con un contributo di mitigazione associato alla decisione scelta e con le condizioni della regione interessata, tra cui lo stato delle infrastrutture, la disponibilità di personale operativo e la presenza di eventuali modificatori temporanei. Il livello complessivo di mitigazione riduce quindi il numero di *Victims* associato alla crisi. La stessa situazione può pertanto avere conseguenze differenti non soltanto in funzione della decisione assunta nel turno corrente, ma anche della preparazione costruita nelle settimane precedenti. Ad esempio, una regione dotata di infrastrutture maggiormente integre e di una maggiore disponibilità di personale può rispondere più efficacemente a una crisi rispetto a una regione già indebolita, mentre interventi preventivi come le campagne di sensibilizzazione possono introdurre modificatori temporanei favorevoli alla gestione di specifiche tipologie di evento.

Questa struttura è stata utilizzata per rendere rilevanti i trade-off temporali. Una decisione favorevole nel breve periodo può infatti produrre costi o vulnerabilità successive, mentre interventi inizialmente onerosi possono ridurre l'impatto di crisi future o rendere disponibili nuove possibilità di risposta. Il giocatore è quindi chiamato a valutare le alternative non soltanto rispetto alla situazione corrente, ma anche rispetto alla possibile evoluzione dello stato del sistema.

3.4.3 Raccolta delle informazioni e supporto alla decisione

La raccolta delle informazioni costituisce parte integrante del processo decisionale. Anziché concentrare tutte le variabili in un'unica interfaccia, *Crisis Room* distribuisce la conoscenza dello stato del sistema tra differenti fonti presenti nella sala operativa. Il giocatore deve quindi costruire progressivamente una rappresentazione della situazione combinando informazioni provenienti dagli advisor, dal `Control Monitor`, dal `Personnel Monitor` e dalle stesse alternative decisionali. Alcune proprietà del sistema sono immediatamente accessibili, altre vengono mostrate in forma sintetica o devono essere ricercate attivamente, mentre alcune relazioni possono essere comprese soltanto osservando le conseguenze delle decisioni nel tempo.

Gli advisor costituiscono le principali fonti specialistiche associate agli eventi. Geologo, Meteorologo e Ingegnere forniscono informazioni relative alle situazioni di propria competenza, mentre il responsabile delle Pubbliche Relazioni è maggiormente orientato allo stato della popolazione e alla *Public Trust*. La consultazione di un advisor può inoltre rendere disponibili alternative decisionali inizialmente bloccate, collegando direttamente la ricerca di informazioni all'ampliamento dello spazio delle possibili azioni. Gli advisor non indicano tuttavia quale opzione debba essere selezionata: la loro funzione rimane quella di fornire informazioni, interpretazioni o possibilità aggiuntive, lasciando al giocatore la responsabilità della scelta finale.



(a) Alternative decisionali, comprese alcune opzioni inizialmente bloccate.



(b) Consultazione dell'advisor associato alla situazione.

Figura 3.6: Relazione tra alternative decisionali e consultazione degli advisor.

Il tavolo decisionale costituisce quindi il punto nel quale le informazioni raccolte vengono messe in relazione con le alternative disponibili. Le opzioni mostrano il nome e la descrizione dell'intervento e rendono esplicito il relativo costo in *Budget*; le alternative non ancora accessibili rimangono comunque visibili come bloccate, mostrando il requisito necessario per renderle disponibili, che può consistere nella

consultazione di uno specifico advisor oppure nella disponibilità di sufficienti risorse, personale o *Public Trust*. Al contrario, la maggior parte degli effetti sulle altre variabili del sistema non viene mostrata numericamente prima della scelta. Modifiche alla *Public Trust*, alle infrastrutture, ai livelli di rischio o a condizioni utilizzate da eventi futuri devono quindi essere valutate sulla base delle informazioni raccolte, del significato dell'intervento e del feedback ottenuto nelle settimane precedenti.

Un'ulteriore fonte informativa è costituita dal `Control Monitor`, attraverso il quale il giocatore può osservare una rappresentazione territoriale delle principali variabili regionali e l'andamento temporale di alcuni indicatori globali. Il monitor permette di alternare diverse visualizzazioni della mappa, relative ai quattro livelli di rischio e allo stato delle infrastrutture, e include inoltre grafici sull'evoluzione del *Budget* e delle *Victims*. Quando una regione è interessata da un evento, sulle mappe viene sovrapposto un indicatore di pericolo: giallo nel caso di un warning e rosso nel caso di una crisi, mantenuto per l'intera durata di quest'ultima. In questo modo lo stato corrente degli eventi rimane leggibile indipendentemente dalla variabile territoriale visualizzata. Le mappe, d'altro canto, non espongono direttamente i valori numerici utilizzati internamente dal sistema. I livelli di rischio, modellati su una scala compresa tra 0 e 100, vengono ricondotti a tre fasce qualitative rappresentate mediante intensità cromatiche differenti per ciascuna tipologia, mentre lo stato delle infrastrutture viene comunicato attraverso un gradiente che procede da condizioni favorevoli a condizioni progressivamente più critiche. Questa rappresentazione permette di confrontare rapidamente regioni differenti e individuare le situazioni maggiormente critiche senza rendere completamente trasparente la struttura numerica sottostante.

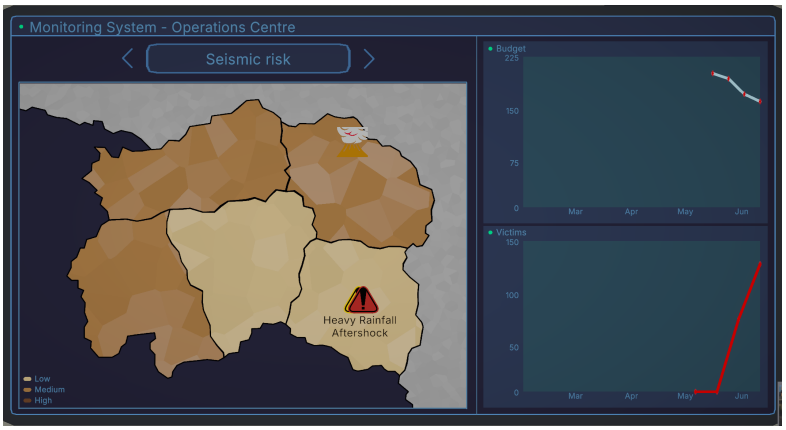


Figura 3.7: *Control Monitor* di *Crisis Room*.

Il `Personnel Monitor` combina invece una funzione informativa e una funzione operativa. Attraverso questa postazione il giocatore può verificare la distribuzione

delle squadre tra le cinque regioni, la disponibilità del personale e lo stato delle operazioni di dispiegamento, oltre ad acquistare nuove squadre o pianificarne il trasferimento. La consultazione del personale permette quindi di valutare se una regione disponga delle risorse necessarie per sostenere determinate decisioni o affrontare possibili crisi future, collegando l'osservazione dello stato corrente alla pianificazione delle settimane successive.

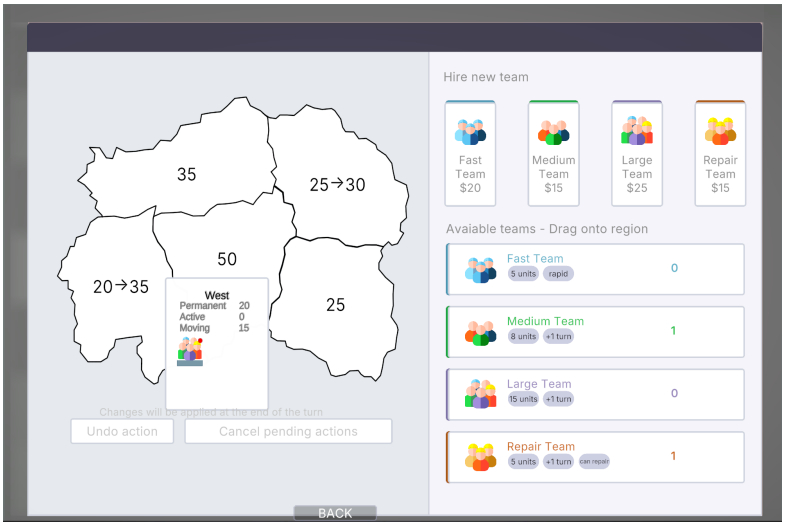


Figura 3.8: *Personnel Monitor* di *Crisis Room*.

L'informazione offerta al giocatore presenta quindi differenti livelli di accessibilità. Alcuni elementi sono direttamente disponibili e quantitativi, come il costo economico delle decisioni; altri descrivono lo stato del sistema attraverso categorie o rappresentazioni visive aggregate; altri ancora richiedono la consultazione attiva di una specifica fonte. Infine, alcune relazioni rimangono intenzionalmente implicite e possono essere comprese soltanto osservando l'evoluzione del sistema nel corso della partita. La difficoltà decisionale non deriva pertanto dalla semplice assenza di informazioni, ma dalla necessità di integrare fonti differenti e formulare aspettative rispetto a conseguenze che non sono completamente esplicitate prima della scelta.

La raccolta delle informazioni non è soggetta a un limite temporale né a un costo interno al gioco. Prima della conferma definitiva il giocatore può lasciare il tavolo decisionale, consultare più volte monitor e advisor e modificare liberamente la propria selezione. L'incertezza deriva quindi principalmente dal contenuto e dalla distribuzione delle informazioni, piuttosto che dalla necessità di reagire sotto pressione temporale. Soltanto la conferma con l'Assistente rende irreversibile la scelta e consente al sistema di applicarne gli effetti.

Nel complesso, la distribuzione delle informazioni è stata progettata affinché la comprensione dello stato del sistema non dipendesse dalla consultazione di un'unica

fonte, ma dalla combinazione tra osservazione, ricerca attiva delle informazioni e interpretazione del feedback prodotto dalle decisioni precedenti.

3.5 Applicazione delle CPS-GFC

Le CPS-GFC hanno costituito un riferimento progettuale durante lo sviluppo di *Crisis Room*, guidando la definizione di meccaniche rivolte sia al coinvolgimento del giocatore sia alla sollecitazione dei processi associati al CPS. Le configurazioni previste dal framework sono state tuttavia adattate alle caratteristiche del dominio e del genere scelti: alcune linee guida hanno trovato una corrispondenza diretta nelle meccaniche del gioco, mentre altre sono state implementate solo parzialmente o escluse perché maggiormente legate a strutture tipiche di generi differenti. La Tabella 3.3 sintetizza il mapping tra le linee guida già presentate nella Tabella 2.1 e la loro realizzazione nella versione finale del gioco. La successiva operazionalizzazione delle meccaniche attraverso dati di log e misure self-report è descritta nel Capitolo 4.

Persistent Game World. La persistenza dello stato costituisce uno degli elementi centrali del sistema di gioco. *Budget* e *Public Trust* vengono mantenuti a livello globale, mentre rischi, infrastrutture, personale e vittime caratterizzano individualmente ciascuna regione e continuano a evolvere tra un turno e il successivo. Le conseguenze delle decisioni non sono quindi limitate alla situazione nella quale vengono prese: una scelta può modificare direttamente una variabile, introdurre un effetto differito oppure creare condizioni utilizzate successivamente dalla generazione degli eventi o dalla costruzione delle alternative decisionali. La componente orientata al PE è rappresentata dalla possibilità di osservare nel tempo gli effetti persistenti delle proprie azioni attraverso mappe, grafici, indicatori e schermate di riepilogo, mantenendo percepibile la continuità del mondo di gioco. Sul versante CPS, la visibilità di tali trasformazioni non è invece completa: alcune variazioni sono immediatamente riconoscibili, mentre altre devono essere inferite dall'evoluzione successiva del sistema, richiedendo al giocatore di ricostruire progressivamente le regole che collegano decisioni e cambiamenti dello stato.

Unexpected Game Events. La linea guida è stata tradotta attraverso il sistema di warning, crisi ed escalation. La comparsa degli eventi include una componente probabilistica, ma è condizionata dai livelli di rischio regionali, dallo stato persistente del sistema e da eventuali modificatori prodotti dalle decisioni precedenti. Per la componente PE, questa struttura mantiene una certa imprevedibilità senza rinunciare alla presenza di schemi riconoscibili: gli eventi non costituiscono occorrenze completamente indipendenti, ma emergono secondo regolarità che il giocatore può progressivamente individuare. La componente CPS deriva invece dal fatto che le cause e le probabilità che regolano tali relazioni non vengono esplicitate

Tabella 3.3: Applicazione delle CPS-GFC in *Crisis Room*.

CPS-GFC	**Implementazione in *Crisis Room***	**Stato**
Persistent Game World (PGW)	Stato globale e regionale persistente, modificato da decisioni con effetti immediati, differiti e futuri.	Completa
Unexpected Game Events (UGE)	Warning, crisi ed escalation generati attraverso componenti probabilistiche dipendenti dallo stato del sistema.	Completa
Unpredictable Characters (UC)	Advisor specialistici che forniscono informazioni contestuali e possono sbloccare nuove alternative, ma con comportamento relativamente prevedibile.	Parziale
Game Goals (GG)	Obiettivo finale sostenuto da più priorità interdipendenti, tra cui *Public Trust*, *Budget*, vittime e stato delle regioni.	Completa
Guiding Game Environment (GGE)	Mappe, indicatori e segnali visivi orientano il giocatore verso regioni e condizioni critiche, adattando la guideline a un contesto privo di nemici e oggetti collezionabili.	Parziale
Safe Planning (SP)	Assenza di timer e possibilità di consultare liberamente le fonti informative e rivedere la selezione prima della conferma.	Completa
Unfamiliar Challenges	Non introdotta come meccanica specifica, poiché poco coerente con la struttura decisionale e gestionale del gioco.	Esclusa
Prospective Learning (PL)	Decisioni preparatorie possono creare opportunità utilizzabili in eventi successivi, la cui effettiva comparsa non è però garantita in ogni sessione.	Parziale
Risk–Reward (RR)	Alternative caratterizzate da differenti costi, requisiti e conseguenze, che richiedono di bilanciare risorse, efficacia e rischio.	Completa
Warning Information Flows (WIF)	Warning e crisi sono differenziati per gravità e accompagnati da segnali visivi e sonori coerenti con il livello di urgenza.	Completa

completamente. Il giocatore può osservare vulnerabilità, warning e conseguenze, ma deve inferire il legame tra stato locale delle regioni, condizioni globali ed eventi successivi attraverso l'osservazione del sistema e il confronto tra situazioni differenti.

Unpredictable Characters. L'implementazione di questa linea guida è rimasta parziale. Gli advisor costituiscono entità visibili, coerenti con il ruolo ricoperto e integrate nella sala operativa; la loro utilità varia inoltre in funzione dell'evento e del contesto, poiché possono fornire stime, informazioni aggiuntive, campagne o alternative decisionali inizialmente non disponibili. Questi elementi realizzano solo in parte la componente PE, in quanto i personaggi mantengono una funzione

riconoscibile ma il loro comportamento diventa relativamente prevedibile una volta comprese le rispettive competenze. Sul piano CPS, prima della consultazione il giocatore non conosce necessariamente con precisione quale informazione o opportunità verrà fornita, introducendo una componente di incertezza rispetto agli effetti dell'interazione. Tuttavia, anche questo aspetto rimane limitato dalla natura sostanzialmente deterministica degli advisor. Una caratterizzazione comportamentale più articolata era stata considerata nelle prime fasi di sviluppo, ma successivamente ridimensionata per non introdurre un ulteriore livello di complessità nel sistema.

Game Goals. La partita presenta un obiettivo terminale chiaramente identificabile, ossia raggiungere la conclusione dell'anno senza azzerare la *Public Trust*, ma il suo perseguimento richiede la gestione simultanea di più priorità interdipendenti. Conservare risorse economiche, limitare le *Victims*, mantenere infrastrutture e personale in condizioni adeguate e preservare la fiducia pubblica possono richiedere strategie differenti e, in alcune situazioni, entrare direttamente in conflitto. La componente PE è quindi sostenuta dalla presenza di un obiettivo generale comprensibile e di più dimensioni osservabili che permettono al giocatore di costruire una propria gerarchia di priorità. La componente CPS emerge invece dalla necessità di rivedere tale gerarchia durante la partita, adattando gli obiettivi intermedi allo stato corrente del sistema e riconoscendo come una stessa decisione possa produrre conseguenze favorevoli su una dimensione e sfavorevoli su un'altra.

Guiding Game Environment. La linea guida è stata adattata alle caratteristiche di un gioco privo di livelli esplorativi tradizionali, nemici o oggetti collezionabili e rimane pertanto implementata solo parzialmente. Per la componente PE, la funzione di guida ambientale è affidata soprattutto al `Control Monitor`: mappe cromatiche, indicatori di rischio, stato delle infrastrutture e simboli associati agli eventi evidenziano differenze e criticità tra le regioni, fornendo una direzione visiva all'attenzione del giocatore. Sul versante CPS, tali rappresentazioni rendono osservabili cambiamenti rilevanti dello stato territoriale e possono essere utilizzate per orientare decisioni come la distribuzione delle squadre operative. La configurazione originale viene quindi riprodotta soprattutto attraverso la comunicazione dei cambiamenti ambientali, mentre gli altri elementi previsti dalla guideline non trovano un equivalente diretto nella struttura di *Crisis Room*.

Safe Planning. La pianificazione avviene in condizioni prive di pressione temporale esplicita. Non è presente un timer per la selezione delle decisioni e il giocatore può lasciare il tavolo, consultare advisor e monitor, gestire il personale e tornare successivamente sulle alternative prima di procedere alla conferma. La componente PE è quindi realizzata attraverso uno spazio di pianificazione protetto, nel quale il giocatore dispone del tempo necessario per analizzare la situazione senza che l'esplorazione delle informazioni venga penalizzata. Per la componente

CPS, le regole che delimitano tale fase sono rese esplicite dall'interazione stessa: la selezione rimane modificabile fino alla conferma con l'Assistente, momento a partire dal quale la decisione diventa irreversibile. L'urgenza appartiene quindi al contenuto delle situazioni rappresentate, mentre il processo di valutazione rimane deliberatamente separato dalla pressione temporale.

Unfamiliar Challenges. Questa linea guida non è stata implementata come componente specifica del gioco. Nelle prime fasi di progettazione era stata considerata una struttura suddivisa in scenari tematici, ciascuno maggiormente focalizzato su una determinata tipologia di rischio; una progressione di questo tipo avrebbe potuto favorire la riproposizione di meccaniche già apprese all'interno di configurazioni progressivamente differenti. La versione finale ha invece adottato un'unica partita nella quale eventi sismici, climatici, idrogeologici e tecnologici possono interagire all'interno dello stesso sistema persistente. Sebbene questa soluzione produca situazioni nuove attraverso combinazioni differenti di eventi, risorse e condizioni regionali, la difficoltà emerge principalmente dallo stato dinamico del sistema e non da una progettazione esplicita di sfide costruite mediante la ricombinazione progressiva di elementi familiari. Si è quindi preferito non ricondurre artificialmente questa variabilità alla guideline e mantenerla esclusa dal mapping finale.

Prospective Learning. L'interpretazione di questa linea guida è cambiata durante lo sviluppo. In una prima formulazione il prospective learning era associato soprattutto alla relazione tra warning ed eventi maggiori successivi; nella versione finale il principio è stato reso più esplicito attraverso decisioni preparatorie capaci di creare condizioni persistenti utilizzabili in situazioni future. Per la componente PE, il giocatore può quindi apprendere che alcune azioni non producono soltanto un beneficio immediato, ma possono acquisire valore quando viene affrontata una sfida successiva. Un esempio è la decisione `Detailed Seismic Plan`, disponibile durante `Seismic Swarm`, che imposta la condizione `Seismic Plan Prepared`; questa può successivamente essere utilizzata per rendere disponibili opportunità aggiuntive durante eventi come `Earthquake` o `Eruption`. La componente CPS viene invece sollecitata quando il giocatore riconosce la relazione tra la preparazione effettuata e la possibilità resa disponibile in un evento successivo. Per rendere percepibile l'esistenza di possibili conseguenze future senza esplicitarne direttamente la natura, alcune decisioni vengono accompagnate dall'indicazione `Future implication possible`. Questa soluzione rappresenta un compromesso tra il rischio di rendere completamente invisibile la relazione temporale e quello opposto di anticipare al giocatore quali eventi o vantaggi verranno effettivamente prodotti dalla scelta. L'implementazione rimane tuttavia parziale perché la natura probabilistica della generazione degli eventi non garantisce che la situazione necessaria all'utilizzo della preparazione venga incontrata durante la stessa partita; il limite riguarda quindi soprattutto l'esposizione completa alla meccanica e, di conseguenza, la possibilità

di osservarla in modo uniforme durante la valutazione sperimentale.

Risk–Reward. Le alternative decisionali sono state costruite in modo da presentare differenti rapporti tra risorse impegnate, sicurezza ed efficacia potenziale. In molti eventi il giocatore dispone di opzioni economiche o prive di costo, generalmente associate a conseguenze meno favorevoli, e di interventi più onerosi capaci di offrire una maggiore mitigazione o benefici sullo stato del sistema. La componente PE è rappresentata dalla presenza di alternative caratterizzate da profili di rischio e ricompensa differenti, che rendono significativa la scelta tra strategie conservative e interventi più impegnativi. Sul piano CPS, costi, requisiti e disponibilità delle risorse rendono esplicite parte delle condizioni di accessibilità alle diverse alternative, mentre le conseguenze non completamente prevedibili richiedono di adattare il livello di rischio assunto allo stato corrente del sistema. La convenienza delle opzioni non rimane quindi costante durante la partita, ma dipende dalle risorse disponibili e dalle conseguenze accumulate nei turni precedenti.

Warning Information Flows. La differenza di gravità tra gli eventi viene comunicata attraverso una combinazione di struttura, informazioni e segnali audiovisivi. I warning costituiscono situazioni di minore intensità e durata, mentre crisi ed escalation rappresentano eventi più gravi e persistenti; sulle mappe del `Control Monitor` le due categorie vengono inoltre segnalate mediante indicatori rispettivamente gialli e rossi, accompagnati da feedback coerenti con il livello di urgenza. La componente PE è quindi sostenuta dalla presenza di segnali riconoscibili che permettono di distinguere rapidamente la rilevanza delle situazioni affrontate. Per la componente CPS, tali segnali forniscono informazioni sulla gravità relativa degli eventi senza determinare automaticamente la risposta corretta: il giocatore deve integrarli con lo stato delle regioni, le risorse disponibili e le altre fonti informative per decidere quanto approfondire la situazione e quale livello di intervento adottare. I warning possono inoltre modificare condizioni che diventeranno rilevanti successivamente, permettendo di interpretarli come possibili indicatori dell'evoluzione futura del sistema.

Nel complesso, sei delle dieci CPS-GFC sono state implementate completamente nella struttura finale di *Crisis Room*, tre sono state adattate in forma parziale e una è stata esclusa. La distinzione riflette la necessità di mantenere il riferimento al framework senza forzare configurazioni poco compatibili con il genere e con lo scope del progetto. Il passaggio da queste meccaniche alle misure empiriche utilizzate per valutarne le componenti di PE e CPS viene descritto nel Capitolo 4 e sintetizzato nella Tabella 4.1.

3.6 Implementazione tecnica e sviluppo

3.6.1 Strumenti e pipeline produttiva

La realizzazione di *Crisis Room* è stata sviluppata principalmente in Unity 6, scelto sia per la familiarità maturata precedentemente con il motore sia per la sua adeguatezza alla scala e alle caratteristiche tridimensionali del progetto. Unity ha inoltre permesso di integrare all'interno dello stesso ambiente la logica di gioco, la navigazione nella sala operativa, le interfacce, le animazioni e i sistemi di input.

Il progetto utilizza la Universal Render Pipeline (URP) e alcuni dei sistemi messi a disposizione dall'ecosistema Unity. La gestione dell'input è basata sul *New Input System*, adottato per mantenere separata la definizione delle azioni dai singoli dispositivi di controllo e facilitare l'evoluzione dell'interazione da un'impostazione inizialmente più orientata alla tastiera a una maggiormente basata sul mouse. Per la gestione delle inquadrature è stato invece utilizzato *Cinemachine*: la scena mantiene una singola camera effettiva, che viene spostata e controllata attraverso differenti virtual camera associate alle modalità di esplorazione, consultazione dei monitor, gestione del personale e interazione con gli advisor. Questa soluzione ha permesso di centralizzare la gestione della visuale evitando la necessità di mantenere contemporaneamente più camere reali nella scena.

La pipeline artistica è stata costruita attorno alla possibilità di partire da asset esistenti e modificarli in funzione delle esigenze del gioco. Per i personaggi è stato utilizzato come base il pacchetto gratuito *Low Poly People Free Sample Pack* di Denis Almaral, disponibile su Sketchfab, successivamente adattato tramite Blender. Questa scelta era coerente con la direzione low-poly descritta nella Sezione precedente e permetteva di ottenere personaggi sufficientemente leggibili senza affrontare la produzione completa dei modelli da zero. Blender è stato utilizzato sia per modificare geometrie e materiali sia, quando necessario, per intervenire direttamente sulle animazioni. Gli elementi bidimensionali dell'interfaccia, le icone e parte della grafica sono stati invece realizzati o rifiniti principalmente attraverso Aseprite e Adobe Photoshop, mentre Audacity è stato utilizzato per l'editing delle risorse audio. Ulteriori asset ambientali e di supporto sono stati reperiti da marketplace e repository esterni, tra cui itch.io e Unity Asset Store, e successivamente integrati o adattati allo stile complessivo del progetto.

Per la produzione degli asset artistici finali si è inoltre scelto di non utilizzare immagini, modelli o altri contenuti visivi generati tramite sistemi di intelligenza artificiale generativa. Tali strumenti sono stati eventualmente impiegati soltanto in fase preliminare per concept o mockup, senza incorporarne direttamente i risultati nel materiale artistico distribuito con il gioco. Questa scelta ha mantenuto la produzione finale basata su asset realizzati, modificati o selezionati manualmente e ha reso più controllabile la coerenza visiva tra gli elementi provenienti da fonti

differenti.

La gestione dei personaggi ha rappresentato uno degli aspetti meno lineari della pipeline. Mixamo è stato inizialmente scelto per ridurre il costo di rigging e animazione, ma il catalogo disponibile offriva solo parzialmente movimenti adatti alle interazioni previste nella sala operativa. Alcune animazioni sono state quindi adattate, mentre un movimento è stato realizzato direttamente in Blender. L'intervento manuale sui dati provenienti da Mixamo si è tuttavia rivelato delicato: piccole modifiche alla posa o alla struttura dell'animazione potevano produrre artefatti durante l'importazione o l'esecuzione in Unity. Nella versione finale le animazioni risultano funzionali, ma permangono alcune leggere incoerenze nell'allineamento verticale dei personaggi, che in determinate transizioni possono produrre spostamenti di pochi centimetri. Considerata la funzione prevalentemente informativa degli NPC e lo scope del progetto, tali imperfezioni sono state accettate evitando di investire ulteriormente in una pipeline di animazione più complessa.

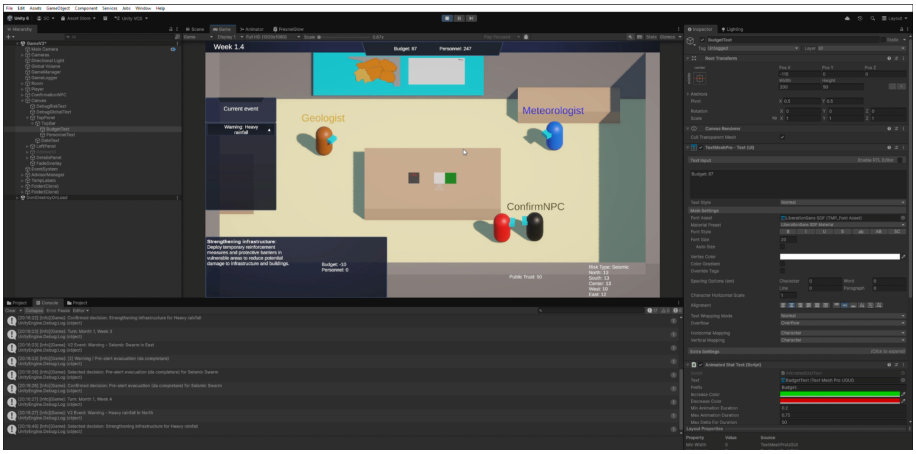
Il codice e gli asset del progetto sono stati mantenuti sotto controllo di versione tramite Git e GitHub, utilizzati principalmente per il tracciamento delle modifiche e il ripristino di versioni precedenti durante le numerose iterazioni dello sviluppo.

3.6.2 Prototipazione e sviluppo iterativo

Lo sviluppo è stato preceduto dalla redazione di un Game Design Document, utilizzato per formalizzare il concept, il modello del sistema, le principali meccaniche e il mapping preliminare con le CPS-GFC. Il documento non è stato tuttavia trattato come una specifica immutabile: è stato aggiornato durante lo sviluppo per riflettere modifiche emerse dalla prototipazione e dai primi test, mantenendo quindi una funzione di riferimento progettuale piuttosto che di descrizione definitiva del prodotto.

L'implementazione è iniziata privilegiando il funzionamento del nucleo decisionale rispetto alla presentazione grafica. Le prime versioni utilizzavano infatti geometrie primitive e capsule come placeholder per personaggi e oggetti della sala, mentre una parte consistente dello stato del gioco e degli effetti delle decisioni veniva osservata direttamente attraverso la console di Unity. In questa fase erano già presenti gli elementi fondamentali del sistema: generazione degli eventi, presentazione e selezione delle decisioni, applicazione degli effetti e interazione con gli advisor. Questo approccio ha permesso di verificare precocemente la coerenza del ciclo di gioco e delle relazioni tra i diversi sistemi prima di investire tempo nella produzione delle interfacce e degli asset definitivi.

Già su questo prototipo funzionale sono stati effettuati i primi playtest informali con un tester esterno allo sviluppo. L'obiettivo non era valutare l'aspetto visivo, ancora largamente provvisorio, ma individuare problemi nel funzionamento del



(a) Prototipo funzionale basato su placeholder geometrici.



(b) Versione finale della sala operativa.

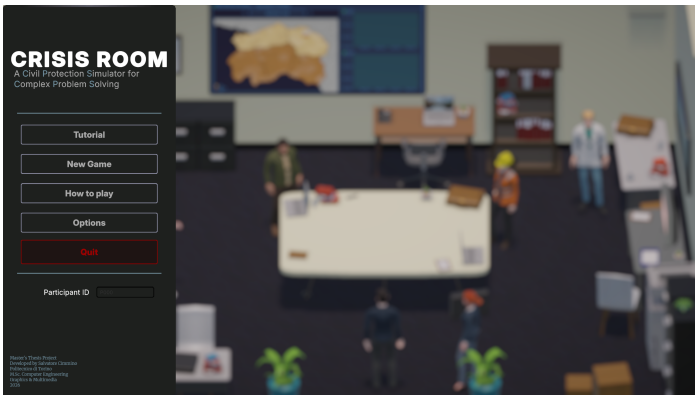
Figura 3.9: Evoluzione del prototipo di *Crisis Room* durante lo sviluppo.

loop decisionale, nella comprensione delle informazioni e nel ritmo dell'interazione. Le osservazioni raccolte venivano quindi integrate nelle iterazioni successive, facendo procedere in parallelo raffinamento delle meccaniche e costruzione della presentazione finale. Questa modalità di lavoro ha permesso di mantenere testabile il gioco durante buona parte dello sviluppo, evitando di rimandare la verifica del core gameplay alla conclusione della produzione.

Una volta stabilizzato il nucleo del gameplay, lo sviluppo si è spostato progressivamente verso la costruzione delle interfacce e dello spazio tridimensionale definitivo. Le prime UI avevano una funzione prevalentemente prototipale e servivano a verificare la quantità e l'organizzazione delle informazioni da mostrare; successivamente, buona parte di queste è stata integrata nell'ambiente attraverso interfacce diegetiche, come il tavolo decisionale e i monitor presenti nella sala operativa. In parallelo, i placeholder sono stati sostituiti dai modelli dei personaggi e dagli elementi ambientali, mentre animazioni, transizioni di camera e feedback

visivi sono stati aggiunti soltanto dopo che le relative interazioni risultavano già funzionali.

Le ultime fasi hanno riguardato soprattutto il raffinamento dell'esperienza: revisione delle interfacce, introduzione degli asset grafici definitivi, aggiunta dei props ambientali, integrazione dell'audio e miglioramento dei feedback associati agli eventi e alle transizioni tra le diverse modalità di gioco. La produzione è quindi proceduta da un prototipo centrato quasi esclusivamente sulla logica verso una versione progressivamente più rappresentativa dell'esperienza finale, mantenendo il sistema giocabile durante l'intero processo. Tale ordine di sviluppo è risultato particolarmente utile in un progetto realizzato individualmente, poiché ha consentito di concentrare inizialmente le risorse sugli elementi maggiormente rilevanti per gli obiettivi della tesi e di posticipare gli interventi di polish fino a quando le meccaniche sottostanti erano sufficientemente consolidate.



(a) Menu principale della versione finale.



(b) Schermata di gameplay della versione finale.

Figura 3.10: Aspetto finale di *Crisis Room*.

3.6.3 Architettura software e gestione dei dati

Dal punto di vista architetturale, *Crisis Room* è stato organizzato attorno a un coordinatore centrale, il `GameManager`, responsabile dell'orchestrazione delle principali fasi del ciclo di gioco e del coordinamento tra i diversi sottosistemi. Con la crescita del progetto, questa impostazione si è tuttavia rivelata anche una delle principali criticità dell'architettura. Nelle prime fasi, quando il numero di sistemi e interazioni era ancora contenuto, questa soluzione permetteva di seguire facilmente la sequenza delle operazioni e di ricostruire la catena che conduceva a eventuali errori. Il `GameManager` mantiene inoltre il riferimento al `GameState`, contenente lo stato globale della partita e le informazioni relative alle singole regioni, e inizialmente ne mediava in misura ancora maggiore l'accesso attraverso metodi dedicati. Con l'espansione del gioco, tuttavia, il coordinatore centrale ha progressivamente accumulato responsabilità e dipendenze, diventando una classe di dimensioni considerevoli. La necessità di far transitare attraverso di esso numerose operazioni ha inoltre aumentato l'accoppiamento tra i componenti e reso più verboso il codice; anche l'accesso al `GameState`, inizialmente maggiormente incapsulato, è stato successivamente reso pubblico per semplificare soprattutto la lettura dei dati da parte dell'interfaccia.

La logica specifica è stata comunque mantenuta, per quanto possibile, all'interno di sistemi dedicati, tra cui `GameEventSystem`, `DecisionSystem`, `PersonnelSystem`, `TimeSystem` e `AssistantManager`. Questi componenti sono implementati come Singleton e il `GameManager` ne orchestra l'esecuzione richiamandone le operazioni nelle differenti fasi del turno, piuttosto che affidarsi a un'architettura basata su eventi e comunicazione publish–subscribe. Tale impostazione ha conservato il vantaggio di rendere esplicito e facilmente percorribile il flusso principale durante il debugging, ma a posteriori una maggiore decentralizzazione avrebbe probabilmente consentito una migliore modularità e una riduzione delle dipendenze dal coordinatore centrale. Una revisione di questo tipo avrebbe però richiesto un refactoring sostanziale in una fase avanzata dello sviluppo e non è stata quindi intrapresa. Parallelamente, è stata mantenuta per quanto possibile una separazione tra logica di gameplay e presentation layer, evitando di incorporare nelle componenti UI le regole responsabili dell'evoluzione dello stato.

La crescita progressiva del numero di eventi ha posto un problema differente, legato alla manutenibilità dei contenuti. Inserire direttamente nel codice le proprietà di ogni situazione, le alternative decisionali, i requisiti e i relativi effetti avrebbe reso sempre più complesso modificare o riequilibrare il gioco durante le iterazioni successive. Per questo motivo gli eventi sono stati organizzati attraverso `ScriptableObject` di Unity, utilizzati come base di una struttura *data-driven* modificabile direttamente dall'Editor. Ciascun evento raccoglie i parametri necessari alla sua generazione e le relative decisioni, rappresentate tramite classi serializzabili

`DecisionData`; queste includono descrizione, condizioni di disponibilità, eventuale advisor richiesto, requisiti relativi a personale, *Public Trust* o flag strategici e l'insieme degli effetti associati alla scelta. La soluzione rappresenta quindi un compromesso tra flessibilità e semplicità di authoring: un evento può essere aggiunto, rimosso o modificato senza intervenire sulla logica generale del sistema, mantenendo al tempo stesso la configurazione leggibile e gestibile attraverso gli strumenti standard di Unity.

Con l'aumento dei dati configurabili è diventato necessario ridurre anche il rischio di introdurre errori manuali nell'Editor. Sono stati quindi realizzati strumenti di validazione che percorrono ricorsivamente la struttura dell'evento e verificano la correttezza degli oggetti contenuti. Una decisione può, ad esempio, segnalare l'assenza di effetti, condizioni di sblocco incoerenti o errori presenti negli `EffectData` associati, mentre i controlli di livello superiore aggregano le anomalie rilevate negli elementi interni. Alcune di queste verifiche sono accessibili tramite pulsanti personalizzati nell'Inspector, permettendo di controllare il database prima dell'esecuzione del gioco e di individuare più rapidamente valori fuori intervallo, riferimenti mancanti, flag incompatibili o configurazioni incomplete.

Anche gli effetti delle decisioni sono stati definiti attraverso una rappresentazione generica. Ogni `EffectData` specifica un `EffectType` e un insieme di parametri utilizzati in funzione della tipologia selezionata, tra cui valore dell'effetto, rischio interessato, durata, eventi target o modifiche ai flag strategici. L'applicazione è centralizzata in una funzione `ApplyEffect`, che interpreta il tipo attraverso uno `switch` ed esegue l'operazione corrispondente sullo stato del gioco. La soluzione non elimina la necessità di intervenire sul codice quando viene introdotta una nuova categoria di effetto, ma concentra tale estensione in un numero limitato di punti e consente alle singole decisioni di essere costruite come composizioni di effetti già disponibili. Questo approccio si è rivelato particolarmente utile nelle iterazioni successive, ad esempio per l'introduzione dei flag strategici utilizzati dalle meccaniche di *Prospective Learning*.

La generazione degli eventi è implementata attraverso un sistema probabilistico pesato dallo stato del mondo. A ogni turno, dopo l'aggiornamento delle variabili temporali e regionali, il `GameManager` invoca il sistema di generazione degli eventi. Nella modalità di gioco ordinaria tale compito è delegato al `GameEventSystem`, mentre durante il tutorial gli eventi vengono prodotti attraverso una sequenza controllata, così da garantire una progressione prevedibile durante l'apprendimento iniziale. Il sistema distingue warning, nuove crisi ed escalation e permette la generazione, nello stesso turno, di al massimo un warning e un evento maggiore. Per ogni regione e per ciascun evento compatibile viene calcolata una probabilità finale a partire dalla probabilità base dell'evento, dal rischio regionale associato e da eventuali modificatori dipendenti dallo stato corrente. Dato un evento e, una regione r e il relativo rischio di trigger k_e, la probabilità di generazione è definita

come:

$$p(e, r) = \text{clamp}_{[0,1]} \left(p_e^0 \cdot M_{\text{risk}}(x_{r,k_e}) \cdot M_{\text{state}}(e, r) \right),$$

dove p_e^0 rappresenta la probabilità base dell'evento, x_{r,k_e} il valore assunto nella regione dal rischio associato al trigger e M_{state} l'insieme dei modificatori introdotti dallo stato corrente del sistema.

Il contributo del rischio regionale viene ottenuto tramite interpolazione lineare tra un moltiplicatore minimo e uno massimo:

$$M_{\text{risk}}(x) = m_{\min} + (m_{\max} - m_{\min}) \frac{x}{100}.$$

Per ogni coppia evento–regione viene quindi estratto un valore casuale $u \sim U(0,1)$ e la coppia diventa candidata quando $u < p(e, r)$. Qualora più eventi superino contemporaneamente il controllo probabilistico, viene privilegiato quello associato al valore di rischio più elevato:

$$(e^*, r^*) = \arg \max_{(e,r) \in C} x_{r,k_e}.$$

La generazione combina così una componente casuale con informazioni persistenti sullo stato del mondo: gli eventi non sono determinati esclusivamente dalle variabili regionali, ma tendono a manifestarsi nelle aree e nelle categorie di rischio maggiormente critiche. Questo consente di mantenere un certo grado di imprevedibilità senza rendere la sequenza degli eventi indipendente dalle condizioni prodotte dalle decisioni precedenti.

Nelle prime versioni il database comprendeva un numero ridotto di eventi, sufficiente a verificare il funzionamento del ciclo decisionale e dei sistemi sottostanti. Il catalogo è stato successivamente ampliato e sottoposto a una fase di tuning, durante la quale probabilità, requisiti ed effetti sono stati modificati iterativamente per ottenere una distribuzione più equilibrata delle situazioni. Il controllo è avvenuto sia attraverso playtest, utili a valutare l'esperienza effettiva del giocatore, sia mediante campionamenti ripetuti del sistema, effettuati attraverso fogli di calcolo, e utilizzati per osservare la distribuzione attesa degli eventi e individuare configurazioni troppo frequenti, troppo rare o eccessivamente dipendenti da particolari condizioni. L'uso combinato di simulazione e testing umano ha quindi consentito di verificare sia il comportamento statistico del generatore sia le conseguenze percepite durante una partita reale.

L'evoluzione dell'interazione verso un utilizzo più marcato del mouse ha richiesto anche l'introduzione della navigazione automatica del personaggio attraverso il sistema NavMesh di Unity. La funzionalità non era prevista nelle prime versioni, maggiormente orientate al controllo diretto da tastiera, ed è stata aggiunta per permettere al giocatore di selezionare una postazione o un personaggio e raggiungerlo automaticamente. La configurazione della mesh di navigazione e degli ostacoli

Tabella 3.4: File prodotti dal sistema di logging.

File	Contenuto principale
`summary.csv`	Informazioni generali sulla sessione e stato complessivo della partita.
`turns.csv`	Stato globale registrato a ogni turno, inclusi durata, *Budget*, *Public Trust* e principali interazioni effettuate.
`turn_regions.csv`	Stato delle singole regioni a ogni turno, comprendente rischi, personale, infrastrutture e altre variabili territoriali.
`turn_events.csv`	Informazioni relative agli eventi affrontati, alle alternative disponibili, alle condizioni di sblocco e alle decisioni effettuate.
`timeline.csv`	Log cronologico eterogeneo delle principali interazioni e transizioni avvenute durante la partita.

ha richiesto diverse iterazioni e, pur risultando funzionale nella versione finale, conserva alcune limitazioni marginali nei movimenti in prossimità di pareti e ostacoli complessi.

Durante lo sviluppo sono stati inoltre realizzati alcuni strumenti diagnostici interni per rendere più rapido il controllo del comportamento del sistema. Tra questi rientra un logger personalizzato su console, utilizzato per organizzare i messaggi prodotti dai diversi componenti e distinguere più facilmente informazioni, warning ed errori durante l'esecuzione. A questo si affiancavano funzionalità di debug dedicate, come la possibilità di avanzare rapidamente tra i turni, particolarmente utile per raggiungere in pochi secondi stati che durante una partita normale avrebbero richiesto diversi minuti. Tali strumenti avevano esclusivamente una funzione di sviluppo e sono stati rimossi o limitati nelle build destinate alla valutazione.

Separatamente dagli strumenti diagnostici, nelle fasi successive è stato sviluppato un sistema di logging dedicato alla raccolta dei dati sperimentali. Il `DataLogger` registra in modo persistente lo svolgimento della sessione e produce cinque file CSV complementari, progettati per rappresentare il gioco a differenti livelli di granularità. Il logger opera autonomamente rispetto al sistema di logging su console, pur potendo utilizzare quest'ultimo per segnalare eventuali errori verificatisi durante le operazioni di scrittura.

I file vengono organizzati per sessione e salvati utilizzando `Application.persistentDataPath`, evitando percorsi dipendenti dalla macchina sulla quale viene eseguito il gioco. Questa scelta è risultata particolarmente importante in vista dello studio sperimentale, nel quale la build avrebbe potuto essere eseguita su computer differenti. Sono state inoltre aggiunte funzioni dedicate all'apertura della directory dei log, alla copia del relativo percorso e alla verifica preventiva della possibilità di creare e scrivere correttamente i file. La struttura dettagliata dei

dati raccolti e il loro utilizzo nella costruzione delle misure sperimentali vengono descritti nel Capitolo 4.

3.7 Tutorial e onboarding

Le CPS-GFC forniscono indicazioni sulla configurazione delle meccaniche di gioco, ma non definiscono esplicitamente come queste debbano essere introdotte al giocatore. Nelle prime fasi di progettazione era stata quindi considerata la possibilità di non includere un tutorial strutturato, lasciando che il funzionamento del sistema emergesse progressivamente attraverso l'esplorazione e l'esperienza diretta. Questa soluzione risultava coerente con la componente di scoperta presente in diverse linee guida, ma introduceva un problema nel contesto della valutazione sperimentale: una parte rilevante del comportamento osservato avrebbe potuto riflettere semplicemente la curva di apprendimento dell'interfaccia e delle regole di base, piuttosto che il modo in cui il giocatore affrontava le situazioni di CPS.

Per ridurre questo effetto è stato inizialmente introdotto materiale di onboarding, comprendente una sezione "How To Play" disponibile sia in inglese sia in italiano. La doppia lingua ha permesso contemporaneamente di sperimentare un primo meccanismo di localizzazione e di fornire istruzioni il più possibile accessibili sulle principali componenti dell'esperienza. La quantità di sistemi presenti nel gioco rendeva tuttavia difficile affidare l'intera fase di apprendimento a materiale esclusivamente testuale, soprattutto considerando che la consultazione della guida rimaneva facoltativa. Per questo motivo è stata successivamente introdotta una modalità "Tutorial", pensata per accompagnare direttamente il giocatore nelle prime interazioni con il sistema.

I primi test hanno confermato l'importanza di questa scelta. In una delle sessioni iniziali, un partecipante ha saltato una parte consistente del tutorial, non ricevendo quindi un'esposizione alle istruzioni comparabile a quella degli altri partecipanti. Poiché questa differenza procedurale poteva influire sulla comprensione delle meccaniche di base, la sessione è stata esclusa dal campione utilizzato nelle analisi finali. L'episodio ha evidenziato come differenze nell'esposizione alle istruzioni potessero condizionare il comportamento successivo e ha contribuito a rafforzare il ruolo del tutorial come strumento per garantire un livello minimo comune di familiarità con il gioco.

Il tutorial è strutturato come una breve sequenza di quattro turni nella quale la normale generazione probabilistica degli eventi viene sostituita da situazioni predefinite. Ogni turno introduce progressivamente nuove componenti del gameplay, guidando il giocatore attraverso il ciclo decisionale, la consultazione delle fonti informative, la gestione delle risorse e le principali conseguenze delle scelte. La sequenza utilizza quindi le stesse interazioni della partita ordinaria, ma controlla

eventi e condizioni iniziali in modo da garantire che le meccaniche fondamentali vengano incontrate almeno una volta prima dell'inizio della sessione vera e propria. Il tutorial invita inoltre alla consultazione dell'"How To Play" per gli aspetti più dettagliati; nella pratica, tuttavia, la maggior parte dei partecipanti ha fatto affidamento prevalentemente sull'esperienza guidata, rendendo necessario che questa fornisse già informazioni sufficienti per affrontare autonomamente la partita.

L'onboarding finale nasce quindi da un compromesso tra due esigenze contrapposte: evitare di esplicitare eccessivamente le relazioni sistemiche che il giocatore dovrebbe scoprire durante la partita e, allo stesso tempo, ridurre il rischio che difficoltà puramente operative o di interfaccia influenzino la valutazione delle strategie adottate.

Capitolo 4

Studio sperimentale e metodologia di analisi

4.1 Disegno dello studio e partecipanti

Lo studio sperimentale è stato progettato con l'obiettivo principale di valutare empiricamente l'applicazione delle CPS-GFC nella versione finale di *Crisis Room*. A tale scopo è stato adottato un disegno osservazionale a singola condizione, nel quale tutti i partecipanti hanno utilizzato la stessa configurazione del gioco, senza suddivisione in gruppi sperimentali o introduzione di condizioni alternative. La valutazione combina misure self-report e dati comportamentali raccolti durante il gameplay, così da osservare sia la percezione del giocatore rispetto alle configurazioni implementate sia i comportamenti riconducibili ai processi di CPS. Le differenze individuali sono state quindi analizzate attraverso le risposte ai questionari e i dati comportamentali registrati nei log durante la partita, con l'obiettivo di esaminare come le configurazioni CPS-GFC venissero percepite e utilizzate da giocatori differenti. Misure più generali di usabilità ed esperienza di gioco sono state raccolte come supporto all'interpretazione dei risultati, permettendo di verificare che eventuali difficoltà nell'interazione, nella comprensione del sistema o nel livello di sfida non costituissero un ostacolo predominante rispetto agli aspetti oggetto dello studio.

Il reclutamento è avvenuto principalmente attraverso contatti personali e canali universitari. La partecipazione non richiedeva esperienza pregressa nell'ambito della gestione delle emergenze né una particolare familiarità con i videogiochi, poiché il gioco era stato progettato per poter essere affrontato anche da utenti non esperti. I requisiti principali consistevano nell'essere maggiorenni, possedere una conoscenza dell'inglese sufficiente a comprendere i contenuti del gioco e dei questionari e poter utilizzare senza particolari difficoltà un computer desktop. Non

sono stati introdotti criteri di selezione basati sulle prestazioni ottenute durante la partita: tanto le sessioni concluse raggiungendo la fine della partita quanto quelle terminate anticipatamente per il raggiungimento della condizione di fallimento sono state considerate sessioni complete e valide ai fini dello studio. La partecipazione era volontaria e, prima dell'avvio dello studio, veniva chiarito ai partecipanti che i dati raccolti sarebbero stati utilizzati nell'ambito del lavoro di tesi e gestiti in forma pseudonimizzata, senza riportare nei risultati informazioni direttamente identificative.

Le sessioni sono state svolte sia in presenza sia da remoto tramite Discord. In entrambi i casi il ricercatore rimaneva disponibile durante l'intera esperienza per verificare il corretto funzionamento della build, intervenire in caso di problemi tecnici e assicurarsi che la procedura venisse completata correttamente. Durante il gameplay non venivano invece forniti suggerimenti sulle decisioni da prendere o sulle strategie da adottare, così da limitare per quanto possibile l'influenza dello sperimentatore sul comportamento osservato. Le sessioni sono state eseguite su sistemi Windows e macOS e, pur potendo variare il dispositivo utilizzato, le due build presentavano gli stessi contenuti, meccaniche e modalità di interazione. La modalità dettagliata di svolgimento della sessione viene descritta nella Sezione 4.2.

Complessivamente, 35 persone hanno preso parte alle diverse fasi di test e valutazione. Tre di queste non sono state incluse nel campione sperimentale: due avevano partecipato come beta tester durante lo sviluppo, mentre una terza aveva effettuato un test finale su una versione precedente a quella utilizzata per la raccolta principale. Tra i restanti 32 partecipanti, una sessione è stata esclusa poiché il giocatore aveva saltato una parte consistente del tutorial, non ricevendo quindi un'esposizione comparabile alle istruzioni fornite agli altri partecipanti. Le due sessioni immediatamente successive sono state invece mantenute, nonostante fossero state condotte durante una fase di rifinitura del tutorial, poiché le modifiche introdotte riguardavano esclusivamente aspetti limitati dell'onboarding e non alteravano le meccaniche di gioco o la struttura dei dati raccolti. Il campione utilizzato nelle analisi comprende quindi 31 partecipanti. Eventuali prestazioni particolarmente basse o strategie anomale non hanno costituito autonomamente un criterio di esclusione, purché la procedura fosse stata seguita e i dati raccolti risultassero utilizzabili.

Per ciascun partecipante è stata considerata come unità di analisi la prima sessione valida effettuata. Due partecipanti hanno successivamente completato ulteriori partite, ma tali sessioni aggiuntive non sono state incluse nelle analisi principali: il numero limitato di casi non avrebbe consentito di studiare in modo sistematico gli effetti della ripetizione e la loro inclusione avrebbe attribuito un peso differente a questi partecipanti rispetto al resto del campione. Questionari e dati di log sono stati associati attraverso un identificativo pseudonimo assegnato a ciascun partecipante. La scelta rispondeva alla necessità di utilizzare un meccanismo

sufficientemente semplice da poter essere riportato direttamente dal partecipante nei questionari e, al tempo stesso, da consentire l'associazione con i dati prodotti dal gioco senza includere informazioni direttamente identificative nei dataset utilizzati per l'analisi. La corrispondenza tra identità del partecipante e relativo identificativo era conservata separatamente ed era accessibile esclusivamente al ricercatore.

L'identificativo del partecipante rimaneva costante tra questionari ed eventuali partite successive, mentre ciascuna sessione di gioco riceveva un identificativo univoco. Questa distinzione permetteva di associare più sessioni allo stesso partecipante senza sovrascrivere i dati precedenti e di mantenere separato il livello individuale da quello della singola partita. La struttura tecnica del `session_id` e il meccanismo utilizzato per organizzare i dati delle diverse sessioni vengono descritti nella Sezione 4.3.

4.2 Strumenti e procedura sperimentale

La valutazione è stata articolata attraverso due questionari, somministrati rispettivamente prima e dopo l'esperienza di gioco, affiancati dai dati comportamentali registrati automaticamente nei log durante la sessione. Il questionario pre-game aveva principalmente la funzione di caratterizzare il background dei partecipanti e raccogliere alcune informazioni potenzialmente utili all'interpretazione dei comportamenti osservati; il questionario post-game combinava invece strumenti standardizzati per la valutazione dell'usabilità e dell'esperienza di gioco con item sviluppati specificamente per le CPS-GFC. Le formulazioni complete degli item utilizzati in entrambi i questionari sono riportate nell'Appendice A.

Il questionario pre-game raccoglieva informazioni demografiche di base, tra cui età, genere, livello e ambito di istruzione, insieme a informazioni sull'esperienza videoludica. Venivano rilevate la frequenza di gioco, i generi e le piattaforme maggiormente utilizzati e, in particolare, il livello di familiarità dichiarato con giochi strategici o gestionali. Una seconda parte riguardava il dominio applicativo, chiedendo ai partecipanti quanto fossero familiari con la Protezione Civile o con la gestione delle emergenze e se avessero maturato esperienze dirette attraverso attività quali volontariato, corsi di formazione o risposta a emergenze. Il questionario includeva infine cinque item relativi ad alcune preferenze decisionali generali, come il ricorso all'intuizione, la tendenza a valutare le alternative disponibili, la propensione al rischio e il comportamento in presenza di informazioni incomplete. Tali item avevano una funzione descrittiva ed esplorativa e non costituivano una scala psicometrica standardizzata.

Il questionario post-game comprendeva innanzitutto la *System Usability Scale* (SUS) [20], utilizzata nella configurazione standard di dieci item con scala Likert

a cinque punti. Per preservare la formulazione originale dello strumento, il termine "system" non è stato sostituito all'interno degli item; nelle istruzioni veniva invece specificato esplicitamente che esso faceva riferimento al serious game appena utilizzato. Questa modalità consente di mantenere inalterata la formulazione standardizzata della scala chiarendo al contempo al partecipante l'oggetto della valutazione. Il SUS è stato incluso come misura generale di usabilità, con l'obiettivo di verificare se difficoltà nell'interazione o nella comprensione dell'interfaccia potessero condizionare in maniera rilevante l'esperienza e, di conseguenza, l'interpretazione delle misure maggiormente legate alle CPS-GFC.

Per caratterizzare alcuni aspetti dell'esperienza di gioco è stato utilizzato un sottoinsieme del *Game Experience Questionnaire* (GEQ) [21]. Non è stato somministrato l'intero strumento: il *Social Presence Module* è stato escluso in quanto poco pertinente a un'esperienza single-player, mentre si è scelto di non utilizzare l'*In-Game Module* per evitare di interrompere o appesantire ulteriormente la sessione sperimentale. Il *Post-Game Module* è stato ugualmente escluso poiché rivolto ad aspetti non direttamente rilevanti rispetto agli obiettivi dello studio. Sono state quindi selezionate dal *Core Module* le dimensioni *Competence*, *Flow* e *Challenge*, mantenendone gli item originali in lingua inglese. Queste tre dimensioni sono state considerate particolarmente utili per contestualizzare i risultati relativi alle CPS-GFC rispetto alla percezione di competenza, al coinvolgimento e alla difficoltà dell'esperienza; nelle analisi successive sono state inoltre messe in relazione con le componenti PE e CPS delle diverse linee guida.

La parte centrale del post-game questionnaire era costituita da item sviluppati appositamente per valutare le configurazioni CPS-GFC implementate in *Crisis Room*. Sono stati utilizzati complessivamente 21 item su scala Likert a cinque punti, organizzati in modo da rilevare aspetti riconducibili alle componenti di PE e CPS delle linee guida incluse nell'analisi. Le domande riguardavano, tra gli altri aspetti, la percezione delle conseguenze persistenti delle decisioni, la comprensibilità degli eventi, l'utilità degli advisor, la gestione delle priorità, l'uso delle informazioni ambientali, la possibilità di pianificare, la preparazione a eventi futuri, la valutazione del rischio e il riconoscimento dei segnali di warning. Alcuni item sono stati formulati in direzione opposta e vengono pertanto invertiti durante la successiva costruzione delle misure, così da mantenere coerente l'interpretazione dei punteggi. A ciascuna componente PE o CPS è stato associato almeno un item self-report; per alcuni costrutti sono state utilizzate più domande, quando si è ritenuto utile rappresentarne aspetti complementari. Ad esempio, la componente PE di *Prospective Learning* considera sia la tendenza dichiarata a prepararsi per eventi futuri sia il riconoscimento del fatto che alcune decisioni possano produrre conseguenze successive. La combinazione effettiva degli item nelle diverse misure viene descritta nella Sezione 4.4.

In modo analogo, i log di gioco consentivano di derivare un numero di misure

comportamentali superiore a quello effettivamente utilizzato nella costruzione degli indici finali. Alcune variabili sono state mantenute come informazioni descrittive o esplorative, mentre gli indici principali sono stati costruiti selezionando le misure considerate maggiormente interpretabili e più direttamente riconducibili alla componente della CPS-GFC oggetto di valutazione.

Il post-game includeva inoltre due domande aperte rivolte rispettivamente a eventuali conseguenze inattese di decisioni precedenti e a momenti nei quali il partecipante avesse modificato la propria strategia, oltre a uno spazio finale per commenti liberi sull'esperienza. Queste risposte avevano principalmente una funzione qualitativa e di supporto all'interpretazione dei dati quantitativi, senza essere integrate direttamente negli indici utilizzati nelle analisi principali.

La procedura sperimentale seguiva la stessa sequenza generale per tutti i partecipanti. Prima della compilazione del questionario pre-game veniva assegnato a ciascun partecipante un codice identificativo, successivamente utilizzato anche nel gioco e nel questionario post-game. L'inserimento di un Participant ID valido era obbligatorio nel menu principale: fino alla sua compilazione non era possibile avviare né il tutorial né una nuova partita. Questa scelta riduceva il rischio di generare log di gioco privi di un identificativo utilizzabile per l'associazione con i questionari.

Il tutorial era concepito come fase di familiarizzazione precedente alla partita principale e non come componente da ripetere tra sessioni successive. Nella raccolta effettuata nessun partecipante ha completato il tutorial più di una volta; le eventuali partite aggiuntive sono state quindi affrontate direttamente dopo l'esperienza iniziale di onboarding. La sezione "How To Play" rimaneva accessibile sia dal menu principale sia durante il gameplay attraverso un pulsante identificato da un'icona con punto interrogativo. Le prime osservazioni hanno mostrato che tale elemento risultava poco saliente e veniva frequentemente ignorato dai partecipanti. Dopo la prima sessione sperimentale, durante il tutorial il pulsante è stato quindi evidenziato visivamente per richiamarne esplicitamente la presenza. Questa modifica ha riguardato esclusivamente l'onboarding e non ha alterato le meccaniche o i contenuti della partita principale.

Concluso il tutorial, il partecipante avviava la partita principale e procedeva autonomamente attraverso la sessione di gioco. L'esito poteva consistere sia nel raggiungimento delle 52 settimane sia in una conclusione anticipata determinata dalla condizione di fallimento; entrambi i casi venivano considerati completamenti validi della sessione. Durante il gameplay il ricercatore rimaneva disponibile esclusivamente per eventuali problemi tecnici e non forniva indicazioni sulle decisioni o sulle strategie da adottare. Al termine della partita veniva compilato il questionario post-game e veniva verificata la corretta produzione dei file di log.

4.3 Raccolta e preparazione dei dati

I dati utilizzati nelle analisi provengono da due sorgenti principali: i questionari pre-game e post-game e i log prodotti automaticamente da *Crisis Room* durante ciascuna partita. I questionari sono stati realizzati tramite Google Forms ed esportati in formato CSV, ottenendo due dataset, `pre_game.csv` e `post_game.csv`, contenenti una riga per ciascun partecipante. L'associazione tra i due questionari e i dati di gioco avviene attraverso il Participant ID descritto nella Sezione 4.1.

A differenza dei questionari, compilati una sola volta per partecipante, il sistema di logging è stato progettato per supportare più partite effettuate dallo stesso soggetto. Ogni nuova sessione genera pertanto una cartella indipendente e un identificativo univoco, riportato sia nel nome della directory sia all'interno dei file prodotti. Il `session_id` è composto dal Participant ID, da un hash associato alla macchina utilizzata e dal timestamp di avvio della partita, con precisione al secondo. Un identificativo può assumere, ad esempio, la forma `P001_B310B81B_20260731175940`. Questa struttura permette di distinguere sessioni differenti effettuate dallo stesso partecipante e, allo stesso tempo, di riconoscere partite eseguite sul medesimo dispositivo senza inserirne direttamente il nome nei dataset.

Al termine di ciascuna sessione veniva verificata la corretta produzione dei cinque file descritti nella Tabella 3.4. Nelle sessioni effettuate su dispositivi differenti da quello del ricercatore, la directory poteva essere aperta direttamente attraverso la funzione dedicata presente nel gioco e successivamente trasferita sotto forma di archivio compresso. Poiché la struttura degli archivi ricevuti poteva variare, ad esempio includendo direttamente i cinque file oppure l'intera cartella della sessione, una copia dei dati originali veniva conservata separatamente, mentre i contenuti destinati all'analisi venivano organizzati secondo una struttura uniforme.

I dati destinati all'analisi venivano quindi raccolti in una directory `raw`, mantenendo separati i log delle sessioni dai file provenienti dai questionari. Le cartelle delle singole partite venivano riunite in `game_sessions`, conservando il rispettivo `session_id`, mentre gli export dei questionari venivano mantenuti senza trasformazioni sostanziali nella relativa directory. In questo modo i dati grezzi rimanevano separati dagli output generati nelle successive fasi di elaborazione, permettendo di ripetere la pipeline senza modificare le sorgenti originali.

Prima della costruzione delle misure venivano effettuati alcuni controlli di integrità sui dati caricati. La pipeline verificava in particolare la presenza dei file richiesti per ciascuna sessione, la disponibilità degli identificativi necessari all'associazione tra le diverse sorgenti e la corretta struttura generale dei dataset. Eventuali anomalie venivano segnalate durante il caricamento, evitando che sessioni incomplete o prive di un'associazione valida venissero utilizzate inconsapevolmente nelle elaborazioni successive. Nel campione finale non sono stati riscontrati casi di questionari incompleti, poiché i campi richiesti erano obbligatori, né sessioni

mantenute nelle analisi caratterizzate da file di log parziali.

La preparazione dei dati è stata implementata attraverso una pipeline sviluppata in Python e organizzata in tre livelli principali: `raw`, `interim` e `processed`. Il primo contiene esclusivamente i dati provenienti direttamente dalla raccolta; il livello `interim` raccoglie invece dataset intermedi prodotti durante il preprocessing, tra cui i punteggi delle scale standardizzate e le misure derivate per le singole CPS-GFC; infine, la directory `processed` contiene i dataset consolidati utilizzati per le analisi statistiche e la produzione dei risultati. La separazione tra questi livelli permette di mantenere tracciabile il passaggio dai dati originali alle variabili analitiche finali e di rigenerare gli output intermedi in seguito a modifiche della procedura di elaborazione.

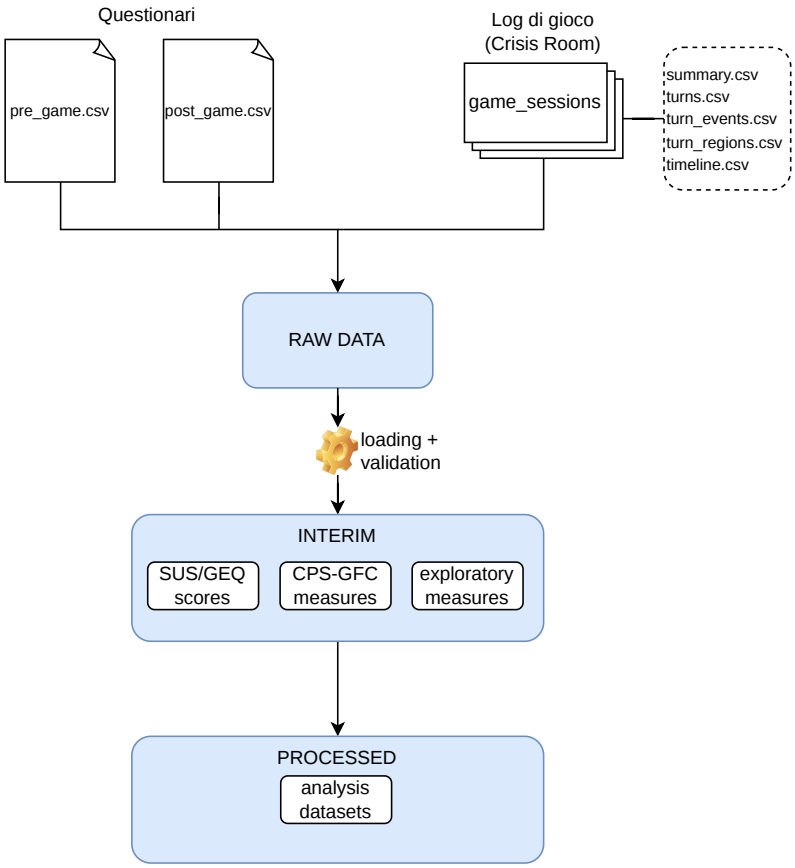


Figura 4.1: Pipeline di raccolta e preparazione dei dati.

Durante il preprocessing, le risposte dei questionari sono state convertite nelle

rappresentazioni numeriche necessarie alle analisi e alcune variabili categoriali sono state ricodificate in categorie più omogenee quando richiesto dalle successive elaborazioni. Parallelamente, i cinque file prodotti da ciascuna sessione sono stati caricati e messi in relazione attraverso Participant ID, `session_id` e numero di turno, permettendo di combinare informazioni relative allo stato globale, alle singole regioni, agli eventi e alla sequenza temporale delle interazioni. Le misure derivate da questa fase costituiscono la base per l'operazionalizzazione delle componenti PE e CPS descritta nella Sezione 4.4.

4.4 Operazionalizzazione delle CPS-GFC

Il mapping presentato nel Capitolo 3 descrive il modo in cui le configurazioni PE e CPS delle linee guida sono state tradotte nelle meccaniche di *Crisis Room*; per valutarne empiricamente l'applicazione è stato tuttavia necessario definire un ulteriore livello di operazionalizzazione, collegando tali meccaniche a misure osservabili durante lo studio. Per ciascuna delle nove CPS-GFC incluse nell'analisi sono stati quindi costruiti un indice PE e un indice CPS, utilizzando, a seconda delle caratteristiche della linea guida, risposte self-report, misure comportamentali ricavate dai log di gioco oppure una combinazione delle due. *Unfamiliar Challenges*, esclusa dall'implementazione finale come discusso nella Sezione 3.5, non è stata invece oggetto di operazionalizzazione.

Per rendere confrontabili misure provenienti da sorgenti differenti, gli indici e le relative componenti sono stati ricondotti, quando applicabile, all'intervallo [0,1], nel quale valori maggiori indicano una maggiore presenza della caratteristica considerata. Gli item self-report, raccolti mediante scale Likert da 1 a 5, sono stati normalizzati secondo la trasformazione

$$N(x) = \frac{x-1}{4}.$$

Per gli item formulati in direzione opposta rispetto al costrutto misurato è stata invece applicata una codifica inversa:

$$R(N(x)) = 1 - N(x) = \frac{5-x}{4}.$$

Le misure comportamentali sono state analogamente espresse, ove possibile, come proporzioni o punteggi compresi tra 0 e 1, così da poter essere combinate direttamente con le corrispondenti misure self-report.

In funzione delle informazioni effettivamente osservabili, gli indici possono essere distinti in misure *self-report*, quando derivano esclusivamente dal questionario, *behavioural*, quando utilizzano soltanto il comportamento registrato nei log, e *composite*, quando integrano entrambe le sorgenti attraverso una media delle rispettive

componenti. L'uguaglianza del peso attribuito a self-report e comportamento è stata scelta per evitare di privilegiare a priori una delle due forme di evidenza. I log permettevano inoltre di ricavare alcune misure secondarie, non incluse negli indici finali e non considerate nelle analisi principali. Nei casi in cui una misura comportamentale richiedeva un'opportunità specifica non verificatasi durante la sessione, l'assenza dell'osservazione è stata mantenuta come valore mancante anziché essere interpretata come una prestazione neutra o negativa.

Tabella 4.1: Costruzione degli indici PE e CPS per le CPS-GFC analizzate.

CPS-GFC	**Indice PE**	**Indice CPS**
PGW	$N(\text{PE})$ (SR)	$N(\text{CPS})$ (SR)
UGE	$N(\text{PE})$ (SR)	$\frac{AnySource + N(\text{CPS})}{2}$ (C)
UC†	$N(\text{PE})$ (SR)	$N(\text{CPS})$ (SR)
GG	$\frac{GoalStab + N(\text{PE})}{2}$ (C)	$\frac{\frac{BudMng+TrustMng}{2} + \frac{N(PriorRev)+N(GoalUnd)}{2}}{2}$ (C)
GGE†	$N(\text{PE})$ (SR)	$\frac{\frac{RepairGuide+OtherGuide}{2} + N(\text{CPS})}{2}$ (C)
SP	$\frac{PlanEng + N(\text{PE})}{2}$ (C)	$\frac{TableRev + R(N(\text{CPS}))}{2}$ (C)
PL†	$\frac{AddFlag + \frac{N(Preparation)+N(FutureEff)}{2}}{2}$ (C)	$\frac{UseFlag + N(OppRec)}{2}$ (C)
RR	$N(\text{PE})$ (SR)	$\frac{ResAdapt + \frac{N(ResAdaptSR)+R(N(UnnecRisk))}{2}}{2}$ (C)
WIF	$N(\text{PE})$ (SR)	$\frac{\frac{InfoEsc+CommitEsc}{2} + N(\text{CPS})}{2}$ (C)

$N(x)$: normalizzazione nell'intervallo [0,1]; $R(x)$: codifica inversa; SR self-report; C composito (self-report + comportamento). † Linea guida implementata parzialmente.

Persistent Game World. Per *Persistent Game World* entrambi gli indici sono basati esclusivamente su misure self-report. La componente PE è rappresentata dall'item relativo alla chiarezza e osservabilità delle conseguenze delle decisioni durante la partita, mentre la componente CPS considera la necessità percepita di ragionare sulle conseguenze a lungo termine delle proprie scelte. I due valori Likert vengono normalizzati mediante $N(x)$ e utilizzati direttamente come indici PGW-PE e PGW-CPS. I log permettevano di ricavare anche misure relative alla frequenza dei cambiamenti dello stato persistente e al tempo trascorso nelle schermate di riepilogo, ma tali variabili non sono state incluse negli indici finali, poiché descrivono

principalmente l'esposizione agli effetti del sistema e non consentono di stabilire direttamente se il giocatore li abbia effettivamente riconosciuti o interpretati.

Unexpected Game Events. Per *Unexpected Game Events*, la componente PE è stata valutata tramite l'item self-report relativo alla percezione di una logica comprensibile nella successione degli eventi e coincide quindi con $N(\text{PE})$. Per la componente CPS è stato invece possibile affiancare al questionario una misura comportamentale. *AnySource* indica la proporzione dei turni con almeno un evento nei quali il giocatore ha consultato almeno una fonte informativa tra monitor e advisor. Tale comportamento è stato interpretato come un indicatore della ricerca attiva di informazioni necessaria a comprendere le possibili cause degli eventi. L'indice UGE-CPS è pertanto composito e corrisponde alla media tra *AnySource* e l'item self-report nel quale il partecipante dichiara di aver cercato di comprendere le cause degli eventi prima di prendere una decisione.

Unpredictable Characters. Nel caso di *Unpredictable Characters*, implementata solo parzialmente nel gioco, gli indici PE e CPS sono stati mantenuti esclusivamente self-report. L'indice UC-PE deriva dall'item che valuta quanto le informazioni fornite dagli advisor abbiano modificato il modo in cui il giocatore interpretava la situazione; UC-CPS considera invece l'incertezza percepita, prima della consultazione, rispetto al tipo di informazione che sarebbe stata ricevuta e alla sua utilità. Dai log era possibile ricavare il numero e la frequenza delle azioni effettivamente eseguite dagli advisor, come lo sblocco di decisioni o la fornitura di stime, ma tali misure descrivono soprattutto quante opportunità di interazione si siano verificate e non quanto il comportamento degli advisor sia stato percepito come imprevedibile. Per questo motivo non sono state integrate negli indici finali.

Game Goals. Gli indici relativi a *Game Goals* combinano in entrambe le dimensioni evidenze self-report e comportamentali. Per la componente PE, *GoalStab* rappresenta la proporzione di turni nei quali sia il *Budget* sia la *Public Trust* rimangono al di fuori delle rispettive condizioni critiche, definite rispettivamente come *Budget* non negativo e *Public Trust* almeno pari a 40. Questa misura viene mediata con l'item self-report relativo alla chiarezza iniziale delle priorità del gioco. La componente CPS considera invece la capacità di adattare la gestione dei due principali obiettivi globali allo stato corrente del sistema. *BudMng* assegna a ciascun turno un punteggio dipendente dal *Budget* disponibile all'inizio del turno e dalla tendenza a scegliere alternative economicamente sostenibili, secondo i criteri riportati nella Tabella 4.2. *TrustMng* misura invece il ricorso alle *Media Campaign* quando la *Public Trust* si trova in condizioni critiche. La media delle due misure costituisce la componente comportamentale CPS, successivamente combinata con due item self-report, *PriorRev* e *GoalUnd*, relativi rispettivamente alla revisione delle priorità durante la partita e alla comprensione delle relazioni tra decisioni e

Tabella 4.2: Criteri di valutazione della gestione del *Budget* per *Game Goals*.

Budget iniziale	**Condizione**	**Punteggio del turno**
> 100	Sicura	1, indipendentemente dalla scelta
50–100	Attenzione	Da 0.5 a 1, in funzione dell'uso di opzioni economiche
< 50	Critica	Da 0 a 1, in funzione dell'uso di opzioni economiche

differenti obiettivi del sistema.

Guiding Game Environment. Per *Guiding Game Environment*, la componente PE è basata sull'item self-report relativo all'utilità percepita di mappe e indicatori nel comprendere dove allocare le risorse. La componente CPS integra invece tale percezione con il comportamento effettivo di distribuzione del personale. *RepairGuide* valuta le azioni di posizionamento o trasferimento dei *Repair Team* ordinando le regioni in base allo stato delle infrastrutture, mentre *OtherGuide* applica lo stesso principio agli altri team utilizzando come criterio la priorità complessiva derivata dai rischi regionali; una regione interessata da una crisi o escalation attiva riceve direttamente la priorità massima. A ciascuna azione viene assegnato il punteggio corrispondente alla posizione della regione nel ranking, secondo la Tabella 4.3. Per ridurre l'influenza di punteggi ottenuti da un numero molto limitato di azioni, la media grezza $\bar{s}$ viene regolarizzata verso il valore neutro 0.5 mediante uno shrinkage:

$$S_{\text{shrunk}} = \frac{n\bar{s} + k \cdot 0.5}{n + k}, \qquad k = 3,$$

dove n rappresenta il numero di azioni osservate. All'aumentare di n il punteggio converge quindi verso la media empirica, mentre con poche osservazioni rimane

Tabella 4.3: Punteggi associati al ranking regionale per *Guiding Game Environment*.

Posizione nel ranking	**Punteggio**
1	1.00
2	0.75
3	0.50
4	0.25
5	0.00

maggiormente vicino al valore neutro. In assenza di azioni pertinenti la misura rimane non disponibile. La media tra *RepairGuide* e *OtherGuide* costituisce la componente comportamentale dell'indice GGE-CPS, successivamente combinata con l'item self-report relativo all'uso delle informazioni visive per orientare le decisioni.

Safe Planning. Per *Safe Planning* entrambi gli indici sono compositi. La componente comportamentale PE, *PlanEng*, corrisponde alla proporzione dei turni con eventi nei quali il giocatore consulta almeno una fonte informativa, attraverso il monitor o gli advisor, prima di concludere il turno. Questa misura viene combinata con l'item self-report relativo alla disponibilità di tempo sufficiente per valutare le alternative. Per la componente CPS, *TableRev* identifica invece la proporzione dei turni con eventi nei quali, tra due aperture consecutive del tavolo decisionale, viene consultata almeno una fonte o uno strumento informativo; la misura cerca quindi di distinguere una semplice riapertura del tavolo da una revisita preceduta dall'acquisizione di nuove informazioni. Il comportamento viene mediato con l'item relativo alla pressione percepita durante la decisione, applicato in forma inversa mediante $R(N(\text{CPS}))$, affinché valori elevati dell'indice corrispondano a una maggiore disponibilità percepita di uno spazio decisionale protetto.

Prospective Learning. L'operazionalizzazione di *Prospective Learning* sfrutta direttamente il meccanismo dei flag strategici descritto nel Capitolo 3. Gli eventi e le decisioni sono stati classificati distinguendo le opportunità di preparazione, nelle quali una scelta può impostare un flag utilizzabile in futuro, dalle opportunità di utilizzo, nelle quali una condizione precedentemente predisposta rende disponibile una specifica alternativa. *AddFlag* rappresenta la proporzione delle opportunità preparatorie nelle quali il giocatore seleziona effettivamente la decisione associata al flag; questa misura viene combinata, per l'indice PL-PE, con due item self-report relativi rispettivamente alla preparazione per eventi futuri (*Preparation*) e alla consapevolezza degli effetti futuri delle decisioni (*FutureEff*). La componente CPS utilizza invece *UseFlag*, ossia la proporzione delle opportunità disponibili nelle quali viene effettivamente sfruttata una possibilità creata da una decisione precedente, combinandola con l'item relativo al riconoscimento dichiarato di tali opportunità (*OppRec*). Poiché la generazione probabilistica degli eventi non garantisce che ogni partecipante incontri una situazione compatibile con i flag predisposti, le misure comportamentali rimangono mancanti quando nella sessione non si verifica alcuna opportunità pertinente.

Risk–Reward. Per *Risk–Reward*, la componente PE è valutata tramite l'item self-report relativo alla capacità di percepire livelli di rischio differenti tra le alternative disponibili. L'indice CPS combina invece tale percezione con un indicatore dell'adattamento comportamentale alle risorse. Le decisioni sono state suddivise in

tre gruppi: *risk-saving*, comprendente le categorie *Free* e *Gambling*; *balanced*, comprendente *Balanced*, *AddFlag*, *UseFlag* e *InfrastructureFirst*; e *resource-intensive*, corrispondente alle decisioni *Expensive*. Per ogni turno viene assegnato alla scelta un punteggio dipendente dal *Budget* disponibile all'inizio del turno, secondo la Tabella 4.4. La metrica *ResAdapt* corrisponde alla media dei punteggi ottenuti durante la sessione e premia quindi l'adattamento verso soluzioni maggiormente conservative quando le risorse diventano scarse, senza penalizzare gli interventi onerosi nelle condizioni di maggiore disponibilità economica. La componente self-report CPS combina *ResAdaptSR*, relativo all'adattamento dichiarato alle risorse disponibili, con *UnnecRisk*, relativo all'assunzione di rischi non necessari e pertanto codificato inversamente. L'indice RR-CPS deriva infine dalla media tra componente comportamentale e self-report.

Tabella 4.4: Pesi utilizzati per la misura di adattamento alle risorse in *Risk–Reward*.

Budget iniziale	**Risk-saving**	**Balanced**	**Resource-intensive**
< 50	0.25	0.75	0.00
50–100	0.25	0.75	1.00
> 100	1.00	1.00	1.00

Warning Information Flows. Per *Warning Information Flows*, la componente PE è basata sull'item self-report relativo al riconoscimento dei segnali di warning e alla capacità dichiarata di agire di conseguenza. La componente CPS valuta invece se il comportamento del giocatore varia al crescere della gravità della situazione, distinguendo i turni contenenti esclusivamente un warning dai turni *major*, nei quali è presente una crisi o un'escalation. *InfoEsc* confronta la proporzione di turni nei quali viene consultato almeno un advisor o il monitor nelle due condizioni e viene calcolato come

$$InfoEsc = \frac{MajorInfoRate - WarningInfoRate + 1}{2}.$$

Il valore 0.5 rappresenta quindi l'assenza di variazione, mentre valori superiori indicano una maggiore ricerca di informazioni nelle situazioni più gravi. *CommitEsc* applica lo stesso principio all'impegno di risorse: a ciascuna decisione viene associato il livello di commitment riportato nella Tabella 4.5, vengono calcolate le medie separate per warning e situazioni major e successivamente applicata la trasformazione

$$CommitEsc = \frac{MajorCommitment - WarningCommitment + 1}{2}.$$

Tabella 4.5: Livelli di commitment utilizzati per *Warning Information Flows*.

Categoria della decisione	Commitment
Free / Gambling	0.00
Balanced	0.50
Expensive	1.00

La media tra *InfoEsc* e *CommitEsc* costituisce la componente comportamentale dell'indice WIF-CPS, successivamente combinata con l'item self-report relativo alla sufficienza dei segnali visivi e delle informazioni nel comunicare la gravità della situazione.

4.5 Metodologia di analisi statistica

Le analisi sono state condotte attraverso una pipeline sviluppata in Python a partire dai dataset consolidati descritti nella Sezione 4.3. Le variabili categoriali utilizzate per caratterizzare il campione sono state sintetizzate mediante frequenze assolute e percentuali; per le risposte a selezione multipla, come generi videoludici e piattaforme utilizzate, le categorie sono state considerate indipendentemente e le relative percentuali non sono pertanto destinate a sommare al 100%. Per le variabili quantitative sono stati considerati, a seconda dell'analisi, media, deviazione standard, mediana, primo e terzo quartile, minimo e massimo. Le variabili demografiche e di background sono state utilizzate principalmente per caratterizzare il campione, mentre gli item esplorativi relativi allo stile decisionale non sono stati inclusi nelle analisi inferenziali principali. Anche la familiarità con la gestione delle emergenze e le eventuali esperienze dirette nel dominio sono state utilizzate principalmente per descrivere il campione.

Le associazioni tra variabili ordinali o quantitative sono state analizzate principalmente mediante coefficiente di correlazione di Spearman. Quando il confronto riguardava i due gruppi definiti dall'esito della partita, è stato utilizzato il test non parametrico di Mann–Whitney U, accompagnato dalla correlazione rank-biserial come misura della dimensione dell'effetto. La consistenza interna delle scale standardizzate multi-item è stata valutata mediante coefficiente α di Cronbach. Per le famiglie di test multipli è stata applicata la procedura di Benjamini–Hochberg per il controllo del *False Discovery Rate* (FDR), utilizzando $\alpha = 0.05$; le correzioni sono state effettuate separatamente per famiglie di analisi omogenee e il valore p_{FDR} è stato utilizzato come criterio principale per stabilire la significatività statistica.

Le prestazioni di gioco sono state analizzate considerando l'esito finale della sessione e l'evoluzione delle principali variabili durante il mandato. Le sessioni sono

state classificate come *Completed* quando il partecipante raggiungeva il termine delle 52 settimane e come *Failed* quando la partita terminava anticipatamente per l'azzeramento della *Public Trust*. Sono stati considerati percentuale di completamento, numero di turni, durata della sessione, durata media del turno, *Budget*, *Public Trust*, *Victims* ed esposizione a warning e crisi maggiori. Poiché le sessioni fallite comprendevano un numero inferiore di turni, warning e crisi sono stati espressi anche rispetto al numero di turni giocati. È stato inoltre rilevato se e a quale turno ciascun partecipante entrasse per la prima volta in una condizione di ridotta disponibilità economica (*Budget*<50) o nella fascia *Critically Low* della *Public Trust* (< 20).

L'evoluzione di *Budget* e *Public Trust* è stata ricostruita anche turno per turno. Oltre alle traiettorie individuali, per ciascun esito sono state calcolate la media e l'intervallo interquartile a ogni turno. Le traiettorie delle sessioni fallite sono state interpretate esclusivamente in senso descrittivo, poiché la numerosità del gruppo diminuisce progressivamente al verificarsi delle condizioni di fallimento e i valori relativi ai turni più avanzati derivano quindi da un sottoinsieme sempre più ridotto dei partecipanti iniziali.

Gli indici PE e CPS definiti nella Sezione 4.4 sono stati descritti mediante numerosità valida, valori mancanti e statistiche descrittive. La relazione tra le due dimensioni della stessa linea guida è stata valutata mediante correlazione di Spearman, utilizzando soltanto i partecipanti per i quali entrambi gli indici risultavano disponibili. Per gli indici compositi è stata inoltre analizzata la relazione tra componente self-report e componente comportamentale. Gli indici PE e CPS sono stati successivamente messi in relazione con tre outcome di performance — percentuale di completamento del mandato, *Budget* finale e *Public Trust* finale — e confrontati tra sessioni completate e fallite mediante test di Mann–Whitney U.

Per la SUS, il punteggio complessivo è stato calcolato secondo la procedura standard [20]: per gli item dispari è stato sottratto 1 al valore della risposta, per gli item pari è stata applicata la trasformazione $5 - x$, e la somma dei dieci contributi è stata moltiplicata per 2.5, ottenendo un punteggio compreso tra 0 e 100. La consistenza interna è stata valutata mediante α di Cronbach. Il punteggio SUS è stato descritto attraverso statistiche riassuntive, confrontato tra sessioni completate e fallite e correlato sia con la percentuale di completamento sia con gli indici PE e CPS delle nove CPS-GFC; le 18 associazioni con gli indici sono state considerate come un'unica famiglia ai fini della correzione FDR.

Per il GEQ, ciascuna delle tre dimensioni selezionate — *Competence*, *Flow* e *Challenge* — è stata calcolata come media dei cinque item corrispondenti, raccolti sulla scala 0–4 prevista dallo strumento. La consistenza interna di ciascuna dimensione è stata valutata mediante α di Cronbach. I tre punteggi sono stati descritti, confrontati tra sessioni completate e fallite e correlati con la percentuale di completamento; sono state inoltre analizzate le relazioni reciproche tra le tre

componenti e, per il *Flow*, l'associazione con la durata della sessione.

Le componenti *Competence*, *Flow* e *Challenge* sono state infine correlate separatamente con gli indici PE e CPS delle nove CPS-GFC. Per ciascuna componente, le 18 associazioni risultanti sono state considerate come una famiglia distinta ai fini della correzione FDR.

L'esperienza videoludica pregressa è stata analizzata considerando separatamente la frequenza generale di gioco e il livello dichiarato di esperienza con giochi strategici o gestionali. Le due variabili ordinali sono state correlate con percentuale di completamento, *Budget* finale e *Public Trust* finale e confrontate tra sessioni completate e fallite. L'esperienza strategico-gestionale è stata inoltre messa in relazione con il punteggio SUS, la componente *Competence* del GEQ e gli indici CPS delle nove linee guida, così da verificare l'eventuale associazione tra familiarità pregressa con questo genere di giochi e le principali misure ottenute durante lo studio.

Infine, sono state analizzate le relazioni interne tra gli indici delle CPS-GFC. Per ciascuna coppia di linee guida è stata calcolata separatamente la correlazione di Spearman tra gli indici PE e tra gli indici CPS, utilizzando soltanto i partecipanti per i quali entrambe le misure risultavano disponibili. Le 36 correlazioni ottenute per ciascuna dimensione sono state considerate come una famiglia di test distinta ai fini della correzione FDR.

Come sintetizzato in Figura 4.2, l'analisi è stata articolata in sette passaggi successivi, dalla descrizione del campione fino all'analisi delle correlazioni tra indici, performance e misure di esperienza.



Figura 4.2: Sequenza delle analisi statistiche condotte sui dati raccolti.

Capitolo 5

Risultati

Il presente capitolo riporta i risultati dello studio sperimentale, seguendo l'ordine delle analisi descritte nella Sezione 4.5. Per la definizione delle misure, dei test statistici e delle procedure di correzione utilizzate si rimanda pertanto alla metodologia presentata nel Capitolo 4.

5.1 Descrizione del campione

Le principali caratteristiche demografiche e relative all'esperienza videoludica del campione sono riportate nella Tabella 5.1. Il campione è composto prevalentemente da partecipanti tra i 25 e i 34 anni e presenta una familiarità generalmente elevata con i videogiochi, ma un'esperienza specifica con titoli strategici o gestionali prevalentemente limitata o moderata.

Dal punto di vista formativo, 14 partecipanti (45.2%) possedevano una laurea triennale e 8 (25.8%) una laurea magistrale; 7 partecipanti (22.6%) indicavano come titolo più elevato il diploma di scuola superiore e 2 (6.5%) un'altra tipologia di titolo. L'ambito di studio più rappresentato era quello informatico e affine ($n = 13$, 41.9%), seguito da lingue e linguistica ($n = 6$, 19.4%) e dalle altre discipline ingegneristiche ($n = 5$, 16.1%).

La familiarità con la Protezione Civile o la gestione delle emergenze risultava contenuta: 17 partecipanti (54.8%) dichiaravano di possedere una conoscenza generale dell'ambito, mentre i restanti 14 (45.2%) indicavano di non possederne. Anche le esperienze dirette erano limitate e frammentarie, comprendendo principalmente corsi di primo soccorso, sicurezza o altre forme di formazione di base; 16 partecipanti (51.6%) dichiaravano di non avere alcuna esperienza diretta.

Tra i generi dichiarati più frequentemente figuravano Adventure (71.0%), RPG (58.1%), Action (54.8%), Shooter e Indie (entrambi 41.9%); il 35.5% del campione indicava esplicitamente giochi strategici o gestionali tra i generi abitualmente

Tabella 5.1: Principali caratteristiche del campione.

Variabile	**Categoria**	n	%
Età	18–24	7	22.6
	25–34	23	74.2
	35–44	1	3.2
Genere	Uomo	22	71.0
	Donna	8	25.8
	Preferisce non rispondere	1	3.2
Frequenza di gioco	Frequente	12	38.7
	Regolare	11	35.5
	Occasionale	5	16.1
	Rara o assente	3	9.7
Esperienza strategia/gestionali	Nessuna	1	3.2
	Limitata	17	54.8
	Moderata	13	41.9

giocati. Il PC era la piattaforma più utilizzata (67.7%), seguito da dispositivi mobile (38.7%), PlayStation (29.0%) e Nintendo (25.8%). Poiché era possibile selezionare più generi e piattaforme, tali percentuali non sono mutuamente esclusive.

5.2 Performance di gioco e traiettorie

L'esito delle sessioni è risultato sostanzialmente bilanciato: 16 partecipanti su 31 (51.6%) hanno raggiunto la conclusione delle 52 settimane, mentre 15 (48.4%) hanno terminato anticipatamente la partita per l'azzeramento della *Public Trust*. Tra questi ultimi, la percentuale media di completamento è stata del 64.9% ($SD = 24.6\%$), con una mediana del 75.0%; il fallimento si è verificato mediamente al turno 33.7 ($SD = 12.8$), con valori compresi tra il turno 7 e il turno 48.

Considerando tutte le sessioni, la durata media della partita è stata di 42.2 minuti ($SD = 13.1$), con una mediana di 40.8 minuti. Le sessioni completate sono risultate mediamente più lunghe (48.4 minuti, $SD = 12.2$) rispetto a quelle terminate anticipatamente (35.4 minuti, $SD = 10.6$), come prevedibile in funzione del diverso numero di turni giocati. La durata media per turno mostra tuttavia una tendenza opposta: 55.9 secondi nelle sessioni completate e 75.5 secondi in quelle fallite, evidenziando che la minore durata complessiva di queste ultime non corrisponde necessariamente a un'interazione più rapida.

Tabella 5.2: Principali indicatori di performance per esito della partita.

Indicatore	**Completed** ($n = 16$)	**Failed** ($n = 15$)
Turni giocati	52.0 ± 0.0	33.7 ± 12.8
Durata sessione (min)	48.4 ± 12.2	35.4 ± 10.6
Durata per turno (s)	55.9 ± 14.1	75.5 ± 42.4
Budget finale	25.1 ± 37.4	-28.8 ± 47.7
Public Trust finale	39.8 ± 14.6	0.0 ± 0.0
Victims finali	775.9 ± 402.6	919.5 ± 483.8
Crisi maggiori per turno	0.103 ± 0.012	0.111 ± 0.018
Warning per turno	0.435 ± 0.063	0.468 ± 0.112

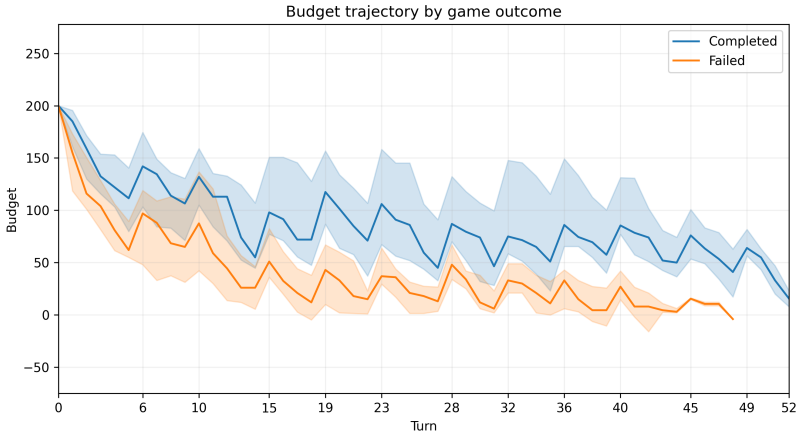
Le differenze più evidenti tra i due esiti riguardano le variabili globali e, in particolare, la loro interazione. I partecipanti che hanno completato il mandato hanno terminato con un *Budget* medio pari a 25.1 ($SD = 37.4$, mediana = 15.5), mentre nelle sessioni fallite il valore medio finale è stato pari a -28.8 ($SD = 47.7$, mediana $= -22$). Sebbene un *Budget* negativo non costituisca direttamente una condizione di sconfitta, tale situazione produce un deterioramento più rapido della *Public Trust* e può quindi contribuire indirettamente alla conclusione anticipata della partita. Nei partecipanti che hanno completato il mandato, la *Public Trust* finale è risultata mediamente pari a 39.8 ($SD = 14.6$), mentre nelle sessioni fallite raggiunge necessariamente lo zero, che rappresenta la condizione diretta di terminazione. Il numero finale di *Victims* è risultato mediamente inferiore nelle sessioni completate (775.9) rispetto a quelle fallite (919.5), pur mostrando in entrambi i gruppi una notevole variabilità.

Considerando anche l'ingresso nelle fasce di maggiore criticità, 30 partecipanti su 31 (96.8%) hanno raggiunto almeno una volta un *Budget* inferiore a 50. Tale condizione si è verificata in tutte le sessioni fallite e in 15 delle 16 sessioni completate; il primo ingresso è avvenuto mediamente al turno 11.5 ($SD = 7.3$, $Mdn = 12$) nelle sessioni fallite e al turno 23.5 ($SD = 16.6$, $Mdn = 14$) in quelle completate. Una maggiore differenza descrittiva emerge per la *Public Trust*: la fascia *Critically Low*, corrispondente a valori inferiori a 20, è stata raggiunta da tutti i 15 partecipanti che hanno successivamente fallito la partita, come atteso in funzione della condizione di terminazione, ma soltanto da 5 dei 16 partecipanti che hanno completato il mandato (31.3%). In questi ultimi casi il primo ingresso nella fascia si è verificato prevalentemente nelle fasi avanzate della partita ($M = 37.6$, $Mdn = 42$).

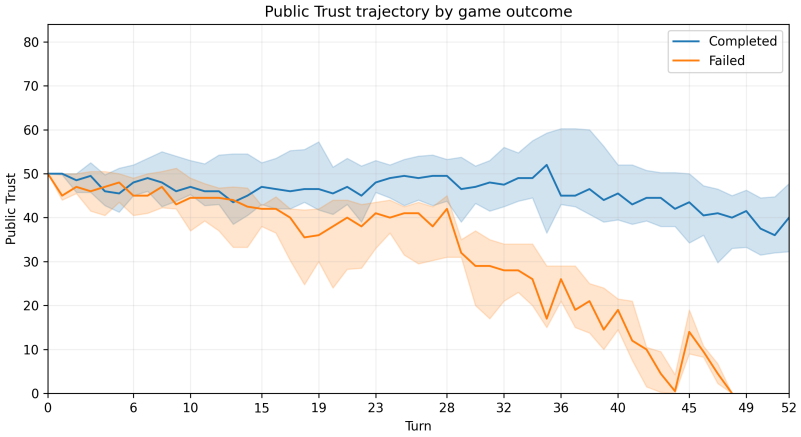
Le traiettorie del *Budget*, inizializzato a 200 in tutte le sessioni, mostrano una riduzione marcata nelle prime fasi della partita in entrambi i gruppi. Tale andamento è coerente con la struttura del gioco, nella quale le prime settimane

richiedono frequentemente investimenti iniziali per l'acquisto o il dispiegamento del personale e per la gestione delle prime situazioni. La dotazione iniziale è stata infatti calibrata durante lo sviluppo per consentire al giocatore di sostenere questa fase senza rendere immediatamente critica la disponibilità economica. Successivamente, le sessioni completate mantengono mediamente un margine economico maggiore e mostrano più chiaramente gli incrementi periodici del *Budget*, mentre nelle sessioni fallite la disponibilità tende a rimanere più frequentemente prossima allo zero o a raggiungere valori negativi.

Una separazione ancora più evidente emerge nelle traiettorie della *Public Trust*. Considerando il valore iniziale comune di 50, nelle sessioni completate il valore



(a) *Budget*.



(b) *Public Trust*.

Figura 5.1: Evoluzione media delle variabili globali in funzione dell'esito della partita.

medio rimane per gran parte del mandato su livelli intermedi, generalmente intorno alla fascia 40–50, mentre nelle sessioni fallite tende progressivamente a diminuire fino al raggiungimento della soglia di terminazione. Il risultato suggerisce, sul piano descrittivo, che il mantenimento della fiducia pubblica su livelli almeno moderati costituisca una condizione importante per la sostenibilità della partita, più della ricerca di valori particolarmente elevati in singoli momenti.

Le traiettorie individuali evidenziano tuttavia una notevole eterogeneità dietro agli andamenti medi. Alcuni partecipanti hanno raggiunto temporaneamente livelli di *Public Trust* molto elevati per poi subire un rapido deterioramento nelle settimane successive, in alcuni casi in concomitanza con l'esaurimento delle risorse economiche. Altri giocatori sono invece scesi a livelli di fiducia relativamente bassi riuscendo successivamente a recuperarli e a completare il mandato. La *Public Trust* appare quindi rilevante soprattutto come variabile da mantenere nel tempo, piuttosto che come valore da massimizzare in singoli momenti.

5.3 Risultati relativi alle CPS-GFC

A partire da questa sezione, le CPS-GFC vengono presentate seguendo un ordine coerente con il livello di implementazione discusso nella Sezione 3.5: vengono riportate dapprima le sei linee guida implementate completamente e, successivamente, le tre implementate in forma parziale. Lo stesso ordinamento viene mantenuto nelle figure e nelle analisi successive, così da rendere immediatamente riconoscibile la distinzione tra i due gruppi.

La Figura 5.2 riporta la distribuzione degli indici PE e CPS per le nove linee guida analizzate. I valori medi risultano generalmente medio-alti, pur con differenze rilevanti tra le due dimensioni e tra le diverse CPS-GFC. La componente PE di *Safe Planning* presenta il valore medio più elevato ($M = 0.897$, $SD = 0.084$), mentre la corrispondente componente CPS mostra una distribuzione sensibilmente più bassa ($M = 0.490$, $SD = 0.207$). Una differenza analoga, sebbene meno marcata, emerge per *Unpredictable Characters*, con $M = 0.750$ per PE e $M = 0.484$ per CPS. Al contrario, *Unexpected Game Events*, *Game Goals*, *Risk–Reward* e *Warning Information Flows* mostrano valori medi relativamente elevati in entrambe le dimensioni.

Tra le guideline implementate parzialmente, alcune misure comportamentali dipendevano dall'effettiva esposizione a specifiche opportunità di gioco e presentano pertanto una numerosità inferiore rispetto al campione complessivo. L'indice CPS di *Guiding Game Environment* è disponibile per 17 partecipanti, mentre gli indici PE e CPS di *Prospective Learning* sono disponibili rispettivamente per 30 e 24 partecipanti. Tali assenze non derivano da errori nella raccolta dei dati, ma dal fatto che, nelle relative sessioni, non si sono verificate le condizioni necessarie per

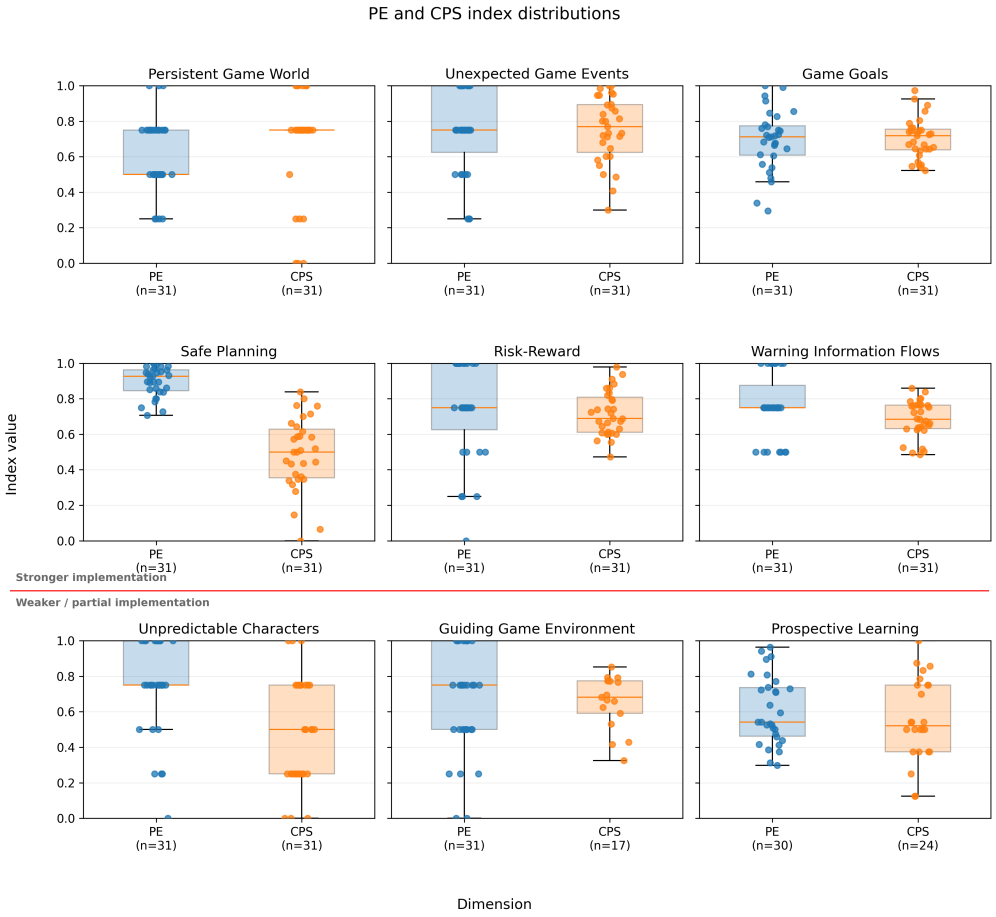
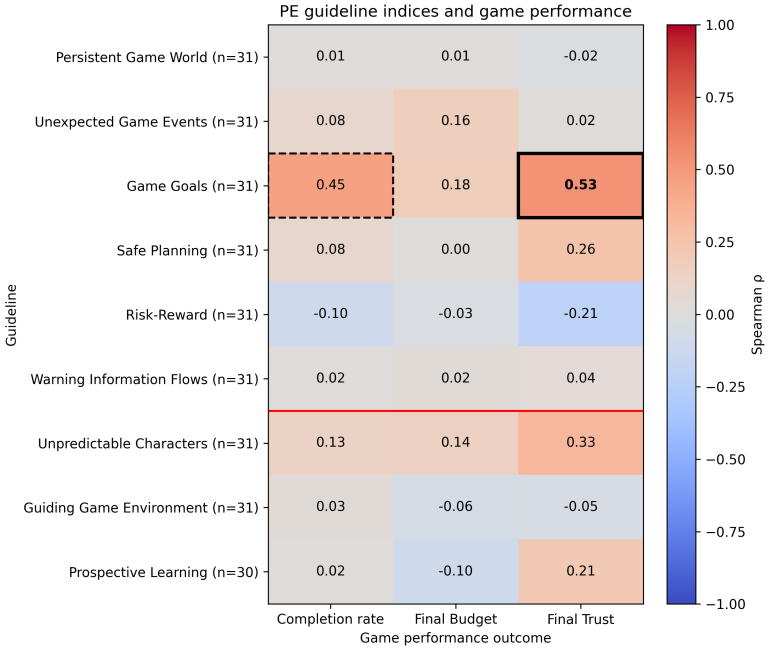


Figura 5.2: Distribuzione degli indici PE e CPS per le CPS-GFC analizzate.

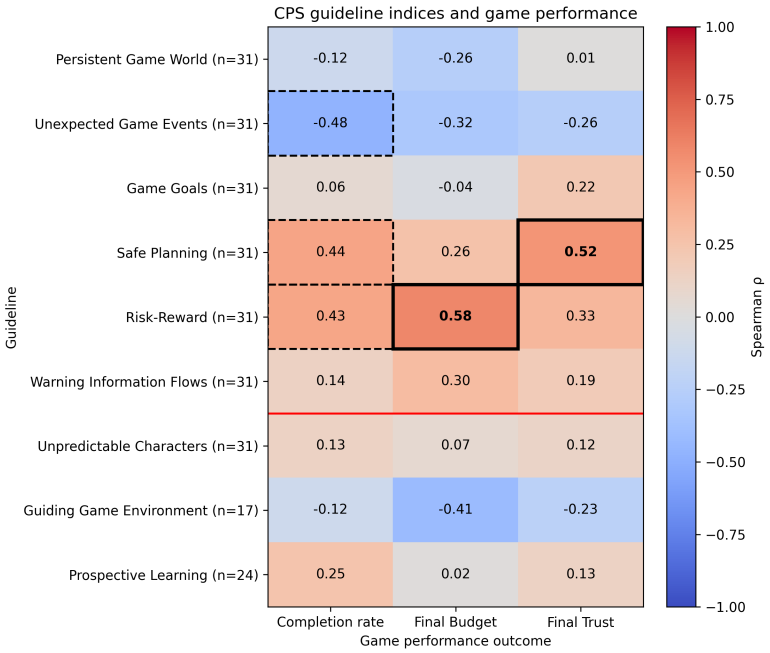
osservare la componente comportamentale prevista dall'indice. Per *Unpredictable Characters*, basata esclusivamente su misure self-report, gli indici rimangono invece disponibili per tutti i 31 partecipanti.

Le correlazioni tra gli indici PE e CPS della stessa linea guida non hanno evidenziato associazioni statisticamente significative. I coefficienti risultano generalmente deboli e prossimi allo zero; il valore più elevato è stato osservato per *Guiding Game Environment* ($\rho = 0.458$, $p = 0.065$), ma l'associazione non raggiunge la significatività e dopo la correzione FDR il valore risulta pari a $p_{\text{FDR}} = 0.583$. Nel complesso, i risultati non supportano quindi una corrispondenza diretta tra livelli elevati della componente PE e livelli elevati della componente CPS all'interno della stessa guideline.

Anche il confronto tra componenti self-report e comportamentali degli indici



(a) Dimensione PE.



(b) Dimensione CPS.

Figura 5.3: Correlazioni tra gli indici delle CPS-GFC e gli outcome di performance. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.

compositi mostra associazioni generalmente deboli. L'unica correlazione statisticamente significativa prima della correzione riguarda la componente PE di *Prospective Learning* ($\rho = 0.491$, $p = 0.006$), ma il risultato non supera la soglia dopo la correzione FDR ($p_{\text{FDR}} = 0.059$). Per le restanti componenti i coefficienti variano tra valori debolmente negativi e debolmente positivi, senza evidenza di associazioni statisticamente significative.

La relazione tra gli indici delle CPS-GFC e gli outcome di performance è stata analizzata considerando separatamente le dimensioni PE e CPS. La Figura 5.3 riporta le correlazioni di Spearman con percentuale di completamento, *Budget* finale e *Public Trust* finale.

Le correlazioni con gli outcome di performance hanno individuato tre associazioni che rimangono significative dopo la correzione FDR. L'indice CPS di *Risk–Reward* mostra una correlazione positiva moderata con il *Budget* finale ($\rho = 0.584$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.010$): valori più elevati dell'indice risultano quindi associati a una maggiore disponibilità economica al termine della sessione. La *Public Trust* finale risulta invece positivamente associata sia alla componente PE di *Game Goals* ($\rho = 0.529$, $p = 0.002$, $p_{\text{FDR}} = 0.023$) sia alla componente CPS di *Safe Planning* ($\rho = 0.523$, $p = 0.003$, $p_{\text{FDR}} = 0.023$).

Per la percentuale di completamento emergono alcune associazioni con $p < 0.05$ prima della correzione: una relazione negativa con UGE-CPS ($\rho = -0.476$) e relazioni positive con GG-PE ($\rho = 0.454$), SP-CPS ($\rho = 0.442$) e RR-CPS ($\rho = 0.434$). Nessuna di queste associazioni rimane tuttavia significativa dopo la correzione FDR ($p_{\text{FDR}} = 0.066$ in tutti e quattro i casi) e devono pertanto essere considerate evidenze esplorative piuttosto che risultati conclusivi.

Il confronto diretto tra sessioni completate e fallite mediante test di Mann–Whitney non ha prodotto differenze statisticamente significative dopo la correzione FDR. Prima della correzione, i partecipanti che hanno completato il mandato presentavano valori maggiori di GG-PE (mediana 0.760 contro 0.673; $p = 0.013$) e SP-CPS (mediana 0.601 contro 0.375; $p = 0.005$), con effetti rank-biseriali rispettivamente pari a 0.525 e 0.596. I corrispondenti valori corretti risultano tuttavia pari a $p_{\text{FDR}} = 0.121$ e 0.090, e tali differenze non vengono quindi considerate statisticamente significative.

5.4 System Usability Scale

Il punteggio medio alla SUS è risultato pari a 78.0 ($SD = 11.9$), con una mediana di 82.5. Il primo e il terzo quartile risultano rispettivamente pari a 65.0 e 87.5, mentre i punteggi osservati variano da un minimo di 52.5 a un massimo di 95.0. Nel complesso, la distribuzione risulta quindi concentrata prevalentemente nella

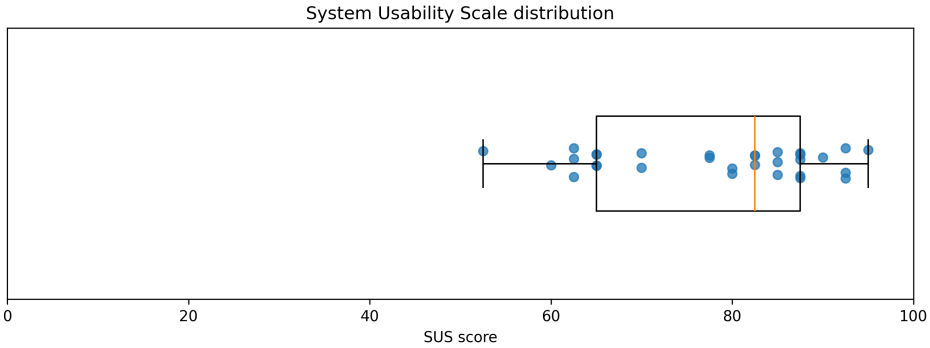


Figura 5.4: Distribuzione dei punteggi SUS nel campione.

parte medio-alta della scala. La scala ha mostrato una consistenza interna pari a $\alpha = 0.699$.

Le sessioni completate presentano un punteggio SUS medio superiore rispetto a quelle fallite, rispettivamente 82.0 ($Mdn = 83.75$) e 73.7 ($Mdn = 70.0$). Il

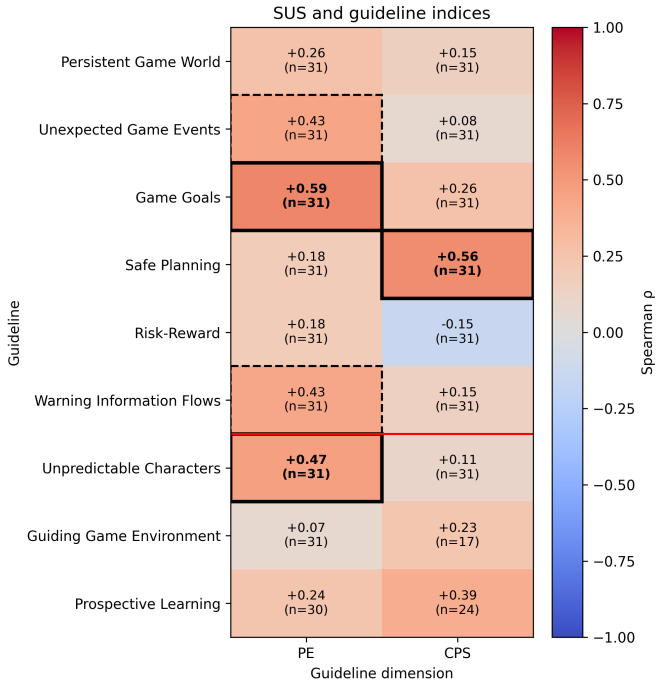


Figura 5.5: Correlazioni di Spearman tra il punteggio SUS e gli indici PE e CPS delle CPS-GFC. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.

confronto mediante test di Mann–Whitney non raggiunge tuttavia la soglia di significatività statistica ($U = 167$, $p = 0.065$), pur mostrando una dimensione dell'effetto rank-biserial pari a 0.392. Analogamente, il punteggio SUS non presenta un'associazione significativa con la percentuale di completamento del mandato ($\rho = 0.243$, $p = 0.188$).

Le associazioni tra usabilità e indici CPS-GFC mostrano invece tre correlazioni positive che rimangono significative dopo la correzione FDR. La relazione più elevata riguarda la componente PE di *Game Goals* ($\rho = 0.591$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.008$), seguita dalla componente CPS di *Safe Planning* ($\rho = 0.559$, $p = 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.010$) e dalla componente PE di *Unpredictable Characters* ($\rho = 0.466$, $p = 0.008$, $p_{\text{FDR}} = 0.0496$). Valori SUS più elevati risultano quindi associati, nel campione osservato, a valori maggiori di questi tre indici.

Le componenti PE di *Unexpected Game Events* ($\rho = 0.435$) e *Warning Information Flows* ($\rho = 0.428$) risultano significative prima della correzione, ma non superano la soglia dopo FDR ($p_{\text{FDR}} = 0.058$ in entrambi i casi). Le restanti associazioni non risultano statisticamente significative.

5.5 Game Experience Questionnaire

Tra le tre dimensioni del GEQ, il punteggio medio più elevato è stato osservato per *Flow* ($M = 2.91$, $SD = 0.72$, $Mdn = 3.00$), seguito da *Competence* ($M = 2.30$, $SD = 0.86$, $Mdn = 2.60$) e *Challenge* ($M = 2.07$, $SD = 0.74$, $Mdn = 2.00$). Le tre scale hanno mostrato una consistenza interna soddisfacente, con $\alpha = 0.895$ per *Competence*, $\alpha = 0.773$ per *Flow* e $\alpha = 0.757$ per *Challenge*.

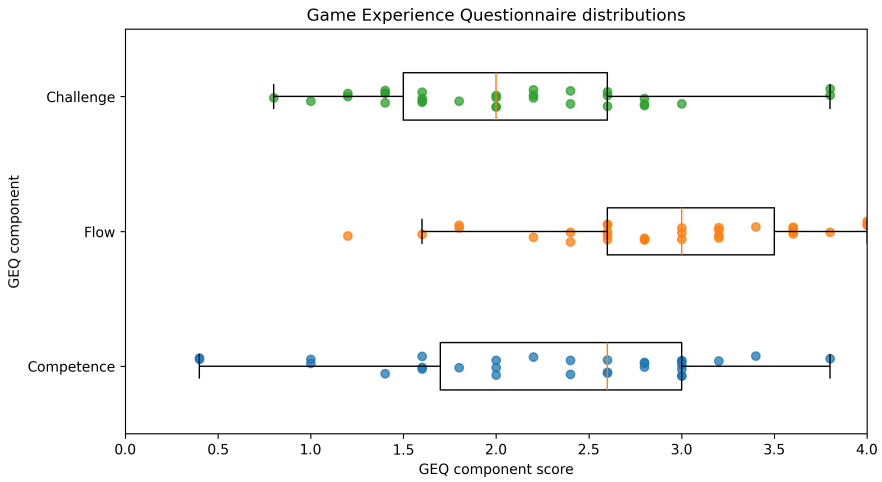


Figura 5.6: Distribuzione dei punteggi delle tre componenti GEQ analizzate.

La componente *Competence* presenta una relazione positiva con la percentuale di completamento del mandato ($\rho = 0.565$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.003$). Coerentemente, i partecipanti che hanno completato il mandato riportano valori di *Competence* maggiori rispetto a quelli che hanno terminato anticipatamente la partita ($M = 2.71$ contro $M = 1.87$); il confronto mediante Mann–Whitney risulta significativo anche dopo correzione FDR ($U = 190$, $p = 0.006$, $p_{\text{FDR}} = 0.017$), con un effetto rank-biserial pari a 0.583.

Per *Challenge*, le sessioni fallite mostrano descrittivamente valori maggiori rispetto a quelle completate ($M = 2.31$ contro $M = 1.85$). La differenza raggiunge la soglia convenzionale prima della correzione ($p = 0.047$), ma non dopo FDR ($p_{\text{FDR}} = 0.071$). La correlazione con la percentuale di completamento è analogamente negativa ma non significativa ($\rho = -0.301$, $p_{\text{FDR}} = 0.134$). Per *Flow* non emergono invece differenze tra i due esiti né un'associazione significativa con il completamento; la componente non risulta inoltre associata alla durata complessiva della sessione ($\rho = 0.046$, $p = 0.805$).

Non sono state osservate associazioni significative neppure tra le tre componenti

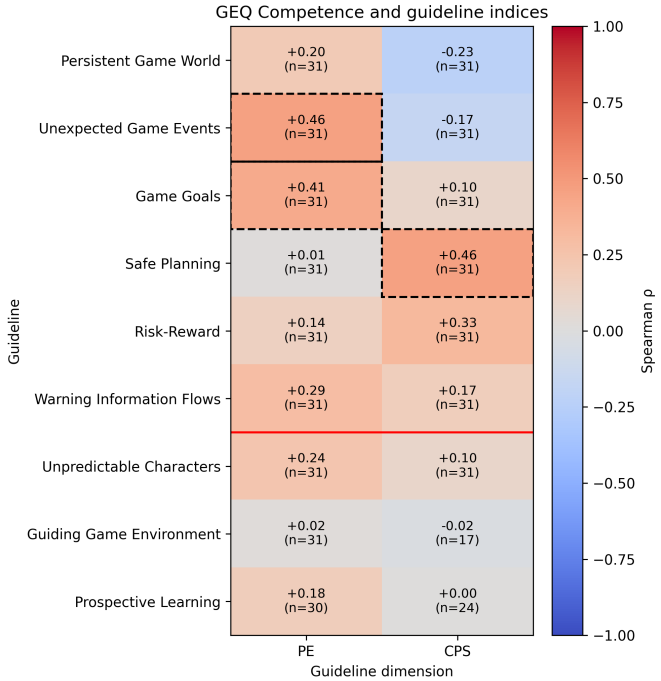
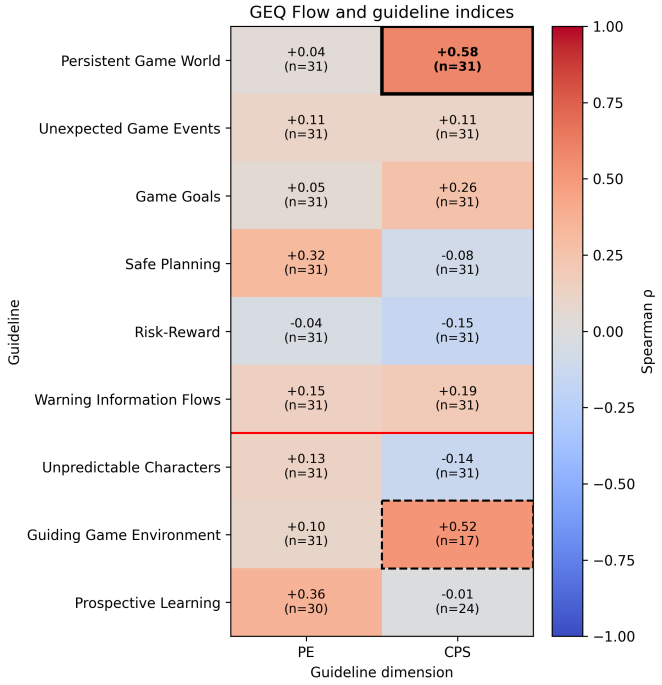
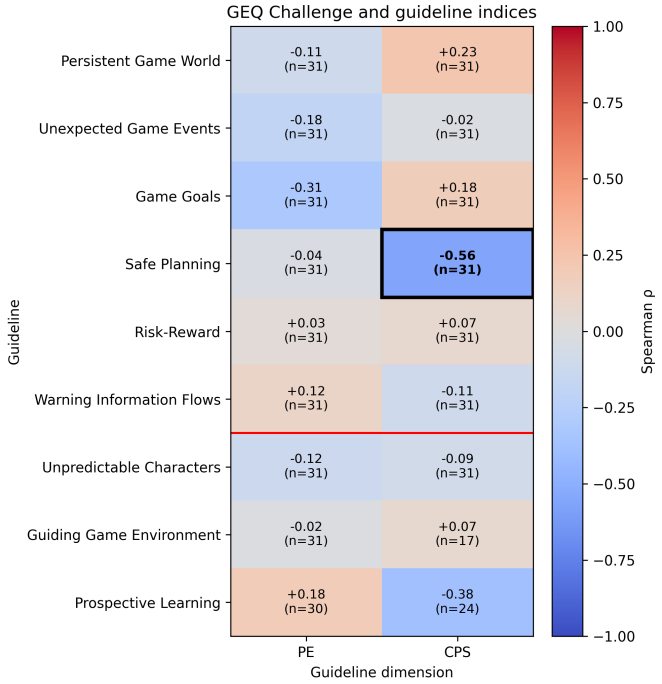


Figura 5.7: Correlazioni di Spearman tra la componente *Competence* del GEQ e gli indici PE e CPS delle CPS-GFC. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.



(a) *Flow.*



(b) *Challenge.*

Figura 5.8: Correlazioni di Spearman tra le componenti *Flow* e *Challenge* del GEQ e gli indici PE e CPS delle CPS-GFC. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.

GEQ: le correlazioni tra *Competence*, *Flow* e *Challenge* risultano deboli e non significative dopo correzione FDR.

Le correlazioni con gli indici CPS-GFC individuano due associazioni che rimangono significative dopo la correzione FDR. Il *Flow* risulta positivamente associato alla componente CPS di *Persistent Game World* ($\rho = 0.578$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.012$), mentre il *Challenge* mostra una correlazione negativa con la componente CPS di *Safe Planning* ($\rho = -0.557$, $p = 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.020$). Non emergono invece associazioni tra *Competence* e gli indici CPS-GFC che rimangano significative dopo la correzione. Prima della correzione, *Competence* presenta associazioni positive con UGE-PE ($\rho = 0.459$) e SP-CPS ($\rho = 0.458$), ma entrambe raggiungono $p_{\text{FDR}} = 0.087$ e non vengono pertanto considerate statisticamente significative.

5.6 Esperienza videoludica pregressa

La frequenza generale di gioco non mostra associazioni significative con gli outcome di performance. Le correlazioni risultano prossime allo zero per percentuale di completamento ($\rho = 0.074$), *Budget* finale ($\rho = 0.120$) e *Public Trust* finale ($\rho = -0.034$), con valori corretti sempre superiori a $p_{\text{FDR}} = 0.85$. Anche l'esperienza specifica con giochi strategici o gestionali presenta associazioni positive ma deboli con percentuale di completamento ($\rho = 0.279$), *Budget* finale ($\rho = 0.212$) e *Public Trust* finale ($\rho = 0.116$), nessuna delle quali raggiunge la significatività statistica dopo correzione FDR.

Coerentemente, il confronto tra sessioni completate e fallite non evidenzia differenze significative né nella frequenza generale di gioco ($U = 120.5$, $p = 1.000$, $p_{\text{FDR}} = 1.000$) né nell'esperienza strategico-gestionale ($U = 144.0$, $p = 0.287$,

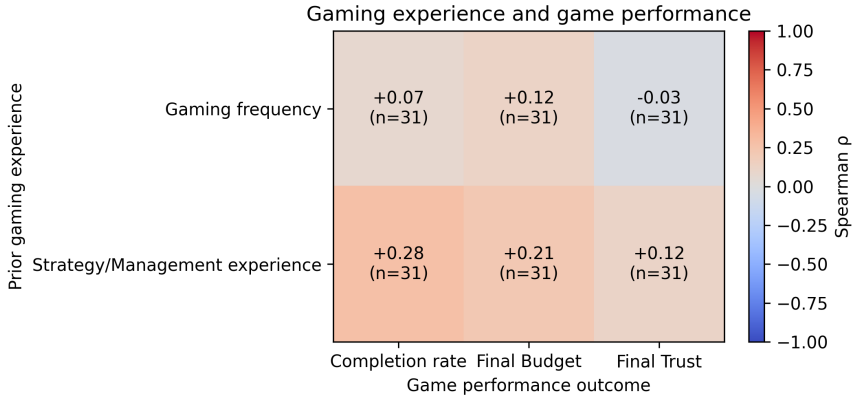


Figura 5.9: Correlazioni di Spearman tra esperienza videoludica pregressa e outcome di performance.

$p_{\text{FDR}} = 0.575$). La correlazione rank-biserial risulta pressoché nulla nel primo caso ($r_{rb} = 0.004$) e contenuta nel secondo ($r_{rb} = 0.200$).

L'esperienza pregressa con giochi strategici o gestionali non risulta inoltre associata né all'usabilità percepita ($\rho = -0.024$) né alla componente *Competence* del GEQ ($\rho = 0.033$). Analogamente, nessuna delle correlazioni con gli indici CPS delle nove linee guida raggiunge la significatività statistica. I coefficienti più elevati in valore assoluto riguardano *Game Goals* ($\rho = -0.262$), *Unexpected Game Events* ($\rho = -0.251$) e *Risk–Reward* ($\rho = 0.221$), ma anche tali associazioni risultano deboli e non significative dopo la correzione FDR.

5.7 Intercorrelazioni tra gli indici CPS-GFC

Le Figure 5.10 e 5.11 riportano rispettivamente le intercorrelazioni osservate nelle dimensioni PE e CPS.

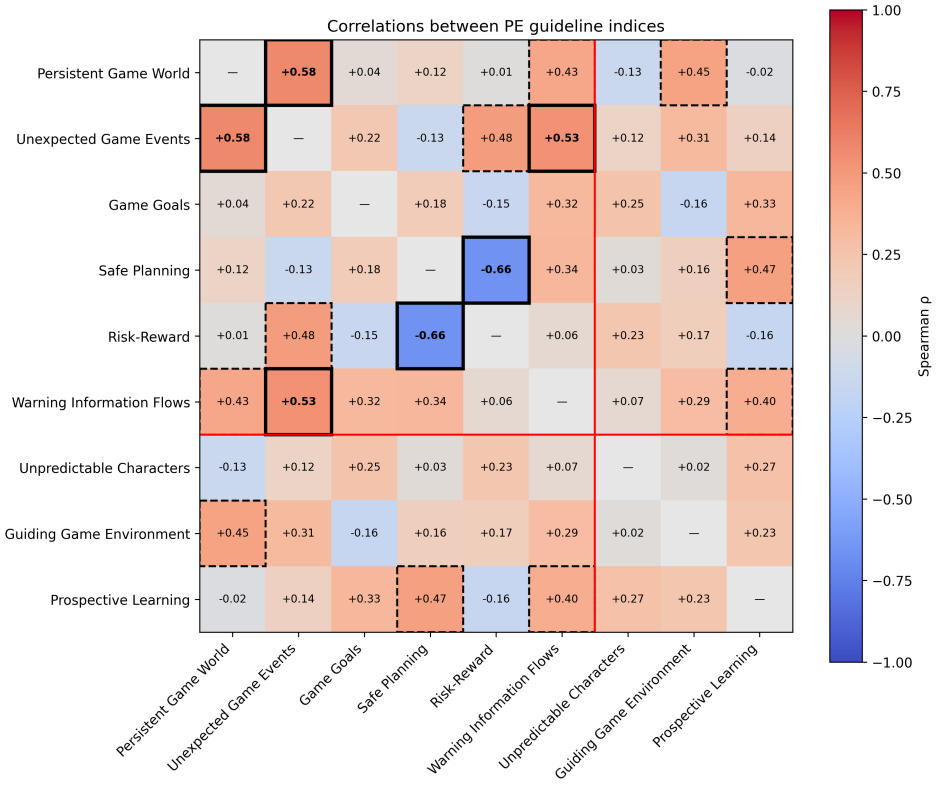


Figura 5.10: Intercorrelazioni di Spearman tra gli indici PE delle CPS-GFC. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.

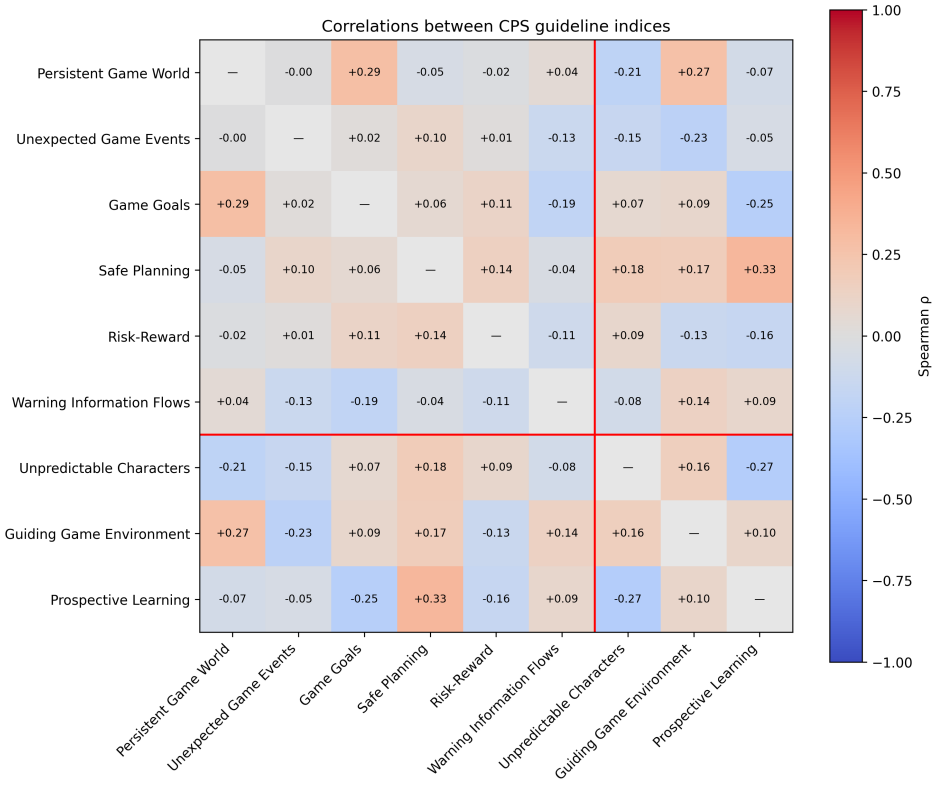


Figura 5.11: Intercorrelazioni di Spearman tra gli indici CPS delle CPS-GFC. I bordi continui indicano associazioni significative dopo correzione FDR, mentre i bordi tratteggiati indicano associazioni significative soltanto prima della correzione.

L'analisi delle intercorrelazioni evidenzia una struttura differente tra le dimensioni PE e CPS. Per gli indici PE, tre associazioni rimangono significative dopo la correzione FDR. La relazione positiva più elevata riguarda *Persistent Game World* e *Unexpected Game Events* ($\rho = 0.578$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.012$); una seconda associazione positiva emerge tra *Unexpected Game Events* e *Warning Information Flows* ($\rho = 0.535$, $p = 0.002$, $p_{\text{FDR}} = 0.023$). La relazione più marcata in valore assoluto è invece negativa e coinvolge *Safe Planning* e *Risk–Reward* ($\rho = -0.657$, $p < 0.001$, $p_{\text{FDR}} = 0.002$).

Ulteriori associazioni raggiungono la soglia di $p < 0.05$ prima della correzione, tra cui quelle tra UGE-PE e RR-PE ($\rho = 0.482$), SP-PE e PL-PE ($\rho = 0.467$) e PGW-PE e GGE-PE ($\rho = 0.452$), ma nessuna rimane significativa dopo il controllo FDR.

La dimensione CPS presenta invece correlazioni complessivamente più contenute e nessuna associazione statisticamente significativa, né prima né dopo la correzione FDR. I coefficienti variano approssimativamente tra -0.27 e 0.33; il valore positivo

più elevato riguarda *Safe Planning* e *Prospective Learning* ($\rho = 0.334$), ma anche in questo caso l'associazione non raggiunge la significatività statistica.

Capitolo 6

Discussione

6.1 Interpretazione dei risultati

I risultati ottenuti mostrano innanzitutto che l'applicazione delle CPS-GFC in *Crisis Room* ha prodotto profili differenti sia tra le diverse linee guida sia tra le relative componenti PE e CPS. Alcune configurazioni, in particolare *Unexpected Game Events*, *Game Goals*, *Risk–Reward* e *Warning Information Flows*, presentano valori medio-alti in entrambe le dimensioni. Questo dato descrive tuttavia due aspetti distinti dell'interazione e non implica una corrispondenza tra le rispettive componenti PE e CPS. Altre linee guida mostrano infatti una separazione più marcata tra le due dimensioni. Il caso più evidente è *Safe Planning*, caratterizzata dal valore PE medio più elevato dell'intero insieme ma da un indice CPS sensibilmente più contenuto; una differenza analoga emerge per *Unpredictable Characters*. Più in generale, l'assenza di correlazioni significative tra gli indici PE e CPS della stessa linea guida indica che valori elevati in una dimensione non corrispondono necessariamente a valori elevati nell'altra.

Questa separazione non appare necessariamente in contrasto con la struttura delle CPS-GFC. Le configurazioni PE e CPS descrivono infatti funzioni differenti della stessa feature: la prima riguarda le condizioni attraverso le quali il sistema può sostenere il coinvolgimento del giocatore, mentre la seconda riguarda il modo in cui la disponibilità o l'occultamento delle informazioni può supportare o richiedere processi cognitivi connessi alla gestione dell'incertezza. Non vi è quindi motivo di assumere a priori che le due dimensioni debbano manifestarsi con la stessa intensità durante l'interazione. Nel caso di *Safe Planning*, ad esempio, i partecipanti sembrano aver riconosciuto chiaramente la presenza di uno spazio decisionale privo di pressione temporale, come suggerito sia dal self-report sia dall'elevata frequenza di consultazione delle fonti informative. La componente CPS, che richiedeva invece una revisione attiva della decisione in seguito all'acquisizione di nuove informazioni

e una ridotta percezione di pressione, assume valori più moderati. La disponibilità di tempo e strumenti per pianificare non implica quindi automaticamente che tali possibilità vengano utilizzate per riconsiderare sistematicamente una scelta già formulata.

Una situazione diversa emerge per *Unpredictable Characters*. Il valore PE relativamente elevato suggerisce che gli advisor siano riusciti a svolgere efficacemente il ruolo di fonti informative riconoscibili e rilevanti per l'interpretazione delle situazioni. Il valore CPS più contenuto risulta invece coerente con il carattere solo parzialmente imprevedibile della loro implementazione. Una volta comprese le competenze dei quattro advisor, il giocatore poteva infatti sviluppare aspettative abbastanza stabili rispetto al tipo di contributo ottenibile dalla consultazione. Il risultato empirico appare quindi coerente con la valutazione progettuale già formulata nella Sezione 3.5: l'integrazione degli advisor ha prodotto una meccanica funzionale all'esperienza, ma non ha riprodotto pienamente la configurazione prevista dalla linea guida.

Un secondo risultato rilevante riguarda la relazione tra percezione dichiarata e comportamento osservato. Per gli indici compositi, le due sorgenti di evidenza non mostrano generalmente associazioni forti e, in alcuni casi, presentano differenze sostanziali nei rispettivi valori. In *Prospective Learning*, ad esempio, la componente PE self-report risulta sensibilmente superiore alla misura comportamentale: i partecipanti dichiarano quindi una maggiore attenzione alla preparazione e agli effetti futuri delle decisioni rispetto a quanto emerge dalla selezione effettiva delle opportunità preparatorie disponibili durante il gioco. Una discrepanza nella stessa direzione compare per la componente CPS di *Warning Information Flows*, mentre per *Unexpected Game Events* si osserva la situazione opposta, con una frequenza di consultazione delle fonti informative superiore rispetto a quanto suggerito dall'autovalutazione relativa alla ricerca delle cause degli eventi.

Tali differenze non implicano necessariamente che una delle due forme di evidenza rappresenti una misura più corretta dell'altra. Il self-report riflette il modo in cui il partecipante ricostruisce e interpreta il proprio comportamento al termine dell'esperienza, mentre i log descrivono azioni effettivamente osservabili ma non consentono di determinarne direttamente le motivazioni o i processi cognitivi sottostanti. La consultazione di un advisor durante un evento, ad esempio, è compatibile con un tentativo di comprenderne le cause, ma può essere motivata anche dalla ricerca di una nuova alternativa decisionale; analogamente, un partecipante può dichiarare di aver considerato le conseguenze future di una scelta anche quando il sistema non ha offerto un'opportunità comportamentale attraverso cui tale intenzione potesse essere osservata.

Le relazioni con la performance risultano più circoscritte. Dopo la correzione per confronti multipli, nessuno degli indici distingue in modo statisticamente significativo le sessioni completate da quelle terminate anticipatamente. Questo risultato

suggerisce cautela nell'interpretare gli indici delle CPS-GFC come predittori diretti del successo nel gioco. Emergono tuttavia associazioni più specifiche con lo stato finale del sistema: valori maggiori della componente CPS di RR sono associati a un *Budget* finale più elevato, mentre la componente PE di GG e la componente CPS di SP risultano positivamente associate alla *Public Trust* finale. Tali relazioni risultano coerenti con la natura delle misure considerate. L'indice CPS di RR premia infatti l'adattamento del livello di investimento alla disponibilità economica, mentre GG e SP riguardano rispettivamente la gestione delle priorità e la possibilità di valutare e rivedere le decisioni prima della conferma. I risultati non consentono di stabilire relazioni causali, ma mostrano una corrispondenza tra alcuni comportamenti rappresentati dagli indici e le dimensioni del sistema alle quali essi risultano maggiormente collegati.

Le traiettorie di *Budget* e *Public Trust* forniscono un ulteriore elemento per interpretare tali associazioni. Quasi tutti i partecipanti sono entrati almeno una volta in una condizione di ridotta disponibilità economica, con un *Budget* inferiore a 50, indipendentemente dall'esito finale. La differenza tra i gruppi riguarda maggiormente il momento nel quale tale condizione viene raggiunta e la successiva capacità di mantenere o recuperare risorse. Più discriminante appare invece l'ingresso nella fascia *Critically Low* della *Public Trust*: tutti i partecipanti che hanno successivamente fallito la partita hanno attraversato tale condizione, come inevitabile in funzione della soglia di terminazione, mentre soltanto una minoranza dei partecipanti che ha completato il mandato vi è entrata e, in questi casi, prevalentemente nelle fasi avanzate della partita. Nel complesso, le traiettorie suggeriscono quindi che il successo non dipenda dall'evitare completamente condizioni sfavorevoli, quanto dalla capacità di impedire che queste compromettano progressivamente la sostenibilità del sistema.

Anche i risultati relativi all'usabilità forniscono un contesto importante per l'interpretazione delle CPS-GFC. Il punteggio medio alla SUS, pari a 78.0, si colloca tra i valori associati alle valutazioni *Good* ed *Excellent* nella scala aggettivale proposta da Bangor et al. [22], rispettivamente pari a 71.4 e 85.5. La consistenza interna della scala, pari a $\alpha = 0.699$, risulta inoltre prossima al valore convenzionalmente utilizzato come riferimento di 0.70. Pur considerando la numerosità limitata del campione, questi risultati suggeriscono che le difficoltà di interazione non abbiano costituito un ostacolo predominante durante l'esperienza. Le sessioni completate presentano un punteggio SUS mediamente superiore a quelle fallite, ma la differenza non raggiunge la significatività statistica; non emerge inoltre una relazione significativa con la percentuale di completamento. L'usabilità percepita non sembra quindi coincidere direttamente con il successo nel gioco.

Le correlazioni tra la SUS e alcune CPS-GFC risultano tuttavia informative. Valori maggiori di usabilità sono associati alla componente PE di GG, alla componente CPS di SP e alla componente PE di UC. Queste relazioni potrebbero

riflettere il ruolo svolto dalla leggibilità degli obiettivi, dalla possibilità di pianificare senza pressione temporale e dall'utilità degli advisor nel rendere il sistema più interpretabile e controllabile. In altri termini, alcune caratteristiche introdotte con l'obiettivo di supportare il PE o il CPS possono contribuire contemporaneamente alla qualità percepita dell'interazione. Tale sovrapposizione non permette di attribuire l'usabilità a una singola linea guida, ma suggerisce che il modo in cui le CPS-GFC vengono concretamente implementate possa influenzare anche dimensioni più generali dell'esperienza d'uso.

I risultati del GEQ permettono di distinguere ulteriormente questi aspetti. La componente *Competence* è l'unica a mostrare una relazione robusta con la performance: i partecipanti che hanno completato il mandato riportano valori significativamente maggiori e il punteggio cresce insieme alla percentuale di completamento. La direzione dell'associazione è plausibile in entrambe le direzioni e non può essere determinata dal disegno dello studio: una maggiore comprensione del sistema può aver favorito una migliore performance, ma il successo ottenuto durante la partita può a sua volta aver aumentato la percezione di competenza. In entrambi i casi, il risultato indica che la percezione di padroneggiare il sistema risulta strettamente connessa all'andamento della sessione.

Flow e *Challenge* non mostrano invece relazioni robuste con l'esito generale della partita. Il *Flow* non risulta associato neppure alla durata della sessione, suggerendo che il semplice tempo trascorso nel gioco non rappresenti una spiegazione sufficiente del coinvolgimento riportato. Emergono tuttavia due relazioni specifiche con le CPS-GFC: il *Flow* è positivamente associato alla componente CPS di PGW, mentre il *Challenge* è negativamente associato alla componente CPS di SP. Nel primo caso, la capacità di riconoscere e ragionare sugli effetti persistenti delle proprie azioni potrebbe contribuire a sostenere una maggiore continuità nell'interazione con il sistema. Nel secondo, la relazione negativa è coerente con la funzione di *Safe Planning*: partecipanti che percepiscono e utilizzano maggiormente uno spazio protetto per analizzare le informazioni tendono a riportare un livello di sfida inferiore. Anche in questo caso, tuttavia, le associazioni descrivono una relazione tra le misure e non consentono di stabilire una direzione causale.

L'assenza di associazioni significative con la frequenza generale di gioco e con l'esperienza pregressa in giochi strategici o gestionali rappresenta infine un risultato utile per contestualizzare il campione. Non emerge evidenza che i partecipanti maggiormente abituati ai videogiochi o ai generi più vicini alla struttura di *Crisis Room* abbiano sistematicamente ottenuto performance migliori, una maggiore usabilità percepita, una maggiore *Competence* o valori CPS più elevati. Considerata la dimensione del campione, non è possibile escludere effetti più contenuti, ma i risultati non suggeriscono che l'esperienza pregressa costituisca il principale fattore alla base delle differenze osservate. Questo aspetto è rilevante rispetto all'obiettivo progettuale di rendere il serious game accessibile anche a partecipanti privi di una

forte esperienza con giochi strategici o gestionali.

Le intercorrelazioni tra gli indici completano infine il quadro mostrando una differenza tra le dimensioni PE e CPS. Alcune associazioni significative emergono tra gli indici PE, in particolare tra *Persistent Game World* e *Unexpected Game Events*, tra *Unexpected Game Events* e *Warning Information Flows* e, in direzione negativa, tra *Safe Planning* e *Risk–Reward*. Gli indici CPS mostrano invece associazioni complessivamente più contenute e nessuna correlazione significativa dopo la correzione. Questo risultato suggerisce che alcune caratteristiche legate all'esperienza del giocatore possano condividere elementi percettivi o interattivi, mentre i comportamenti e i processi utilizzati per rappresentare la componente CPS risultano maggiormente specifici rispetto alle singole configurazioni. La parziale sovrapposizione tra linee guida e la dipendenza delle misure dalle meccaniche concrete del gioco costituiscono tuttavia aspetti che richiedono un'interpretazione più approfondita, affrontata nella sezione successiva.

6.2 Implicazioni per il framework CPS-GFC

L'applicazione delle CPS-GFC a *Crisis Room* ha evidenziato innanzitutto la necessità di distinguere tra il loro ruolo progettuale e la successiva valutazione empirica. Le linee guida forniscono indicazioni operative per configurare specifiche feature di gioco in funzione del PE e dei processi cognitivi associati al CPS, ma non definiscono direttamente metriche quantitative attraverso le quali osservare tali componenti durante l'interazione. Il passaggio dalla progettazione alla valutazione ha richiesto quindi di identificare, per ciascuna configurazione, comportamenti osservabili e percezioni self-report che potessero essere messi in relazione con la funzione descritta dalla linea guida. Gli indici utilizzati nel presente studio rappresentano pertanto un'operazionalizzazione specifica del serious game sviluppato e non devono essere interpretati come misure standardizzate delle CPS-GFC. Questa dipendenza dal gioco stesso emerge chiaramente considerando la natura delle misure comportamentali adottate: indicatori come *AnySource*, *TableRev* o *ResAdapt* risultano interpretabili perché costruiti in relazione alle meccaniche di *Crisis Room*, come la consultazione di advisor e monitor, la possibilità di riaprire il tavolo decisionale o l'adattamento delle scelte alla disponibilità economica. In un gioco caratterizzato da meccaniche differenti, la stessa configurazione potrebbe richiedere indicatori diversi. L'elemento maggiormente trasferibile non è quindi necessariamente la singola metrica, quanto il processo attraverso cui la funzione descritta da una linea guida viene ricondotta a evidenze concretamente osservabili nel sistema di gioco.

L'esperienza progettuale mostra inoltre che le CPS-GFC non operano necessariamente come componenti indipendenti. Più linee guida possono contribuire alla stessa meccanica e, soprattutto, uno stesso comportamento osservabile può

assumere significati differenti in funzione della configurazione considerata. Un esempio diretto è costituito dalla consultazione di monitor o advisor nei turni con eventi: lo stesso comportamento viene utilizzato nella componente CPS di UGE, attraverso *AnySource*, e nella componente PE di SP, attraverso *PlanEng*. Nel primo caso la consultazione viene interpretata come ricerca attiva di informazioni utile a comprendere le possibili cause degli eventi; nel secondo come indicatore dell'effettivo utilizzo dello spazio di pianificazione disponibile prima della conferma della decisione. L'osservazione comportamentale è quindi molto simile, mentre cambia la funzione rispetto alla quale viene interpretata.

Questa sovrapposizione rende poco realistico interpretare ciascun indice come rappresentazione completamente isolata di una singola linea guida almeno nel contesto di *Crisis Room*. Le intercorrelazioni osservate tra alcuni indici PE sono compatibili con questa struttura: le associazioni tra PGW e UGE e tra UGE e WIF possono riflettere il fatto che, nel sistema sviluppato, persistenza dello stato, comparsa degli eventi e segnali relativi alla loro gravità contribuiscano congiuntamente alla costruzione dell'esperienza percepita dal giocatore. La relazione negativa tra SP e RR suggerisce invece che alcune configurazioni possano produrre effetti esperienziali differenti o parzialmente contrapposti, ad esempio quando uno spazio decisionale percepito come sicuro e riflessivo si accompagna a una minore percezione del rischio nelle alternative disponibili. Tali relazioni dipendono tuttavia dalla specifica realizzazione delle feature: in altri giochi, le stesse linee guida potrebbero essere implementate attraverso meccaniche più nettamente separate oppure, al contrario, attraverso sistemi ancora più interdipendenti. Le associazioni osservate non permettono quindi di stabilire relazioni generali tra le CPS-GFC, ma mostrano come la loro applicazione possa assumere una struttura sistemica dipendente dal contesto progettuale.

La mancata corrispondenza sistematica tra le componenti PE e CPS, discussa nella sezione precedente, ha anche una conseguenza metodologica. Pur potendo interagire e, a seconda dell'implementazione, essere sostenute dalle stesse meccaniche, le due configurazioni descrivono funzioni concettualmente distinte. Trattarle come un unico costrutto rischierebbe quindi di nascondere differenze rilevanti; appare invece preferibile mantenerle separate nell'analisi empirica, lasciando che l'eventuale relazione tra PE e CPS emerga dai dati anziché assumerla a priori.

Un'ulteriore implicazione riguarda l'integrazione tra self-report e comportamento osservato. Le differenze emerse tra le due sorgenti mostrano come la percezione dichiarata non possa essere considerata un sostituto diretto del comportamento, così come il comportamento registrato nei log non consente di ricostruire autonomamente i processi cognitivi che lo hanno determinato. La combinazione delle due forme di evidenza permette quindi di descrivere aspetti complementari dell'interazione, ma richiede che la costruzione degli indici rimanga trasparente e che le divergenze tra le componenti non vengano automaticamente interpretate come errori di misura.

In studi successivi, questa triangolazione potrebbe essere ulteriormente rafforzata integrando strumenti provenienti dalla ricerca psicologica o cognitiva, capaci di osservare più direttamente alcuni dei processi associati al CPS.

Le linee guida implementate completamente mostrano, d'altra parte, che in diversi casi il passaggio dalla formulazione astratta della CPS-GFC a una meccanica concreta è risultato relativamente diretto. UGE e WIF hanno contribuito alla struttura degli eventi e alla comunicazione della loro gravità, mentre GG, SP e RR hanno trovato una corrispondenza più immediata rispettivamente nella gestione delle priorità, nello spazio concesso alla pianificazione e nei trade-off tra risorse e conseguenze. Anche PGW è stata integrata nella persistenza dello stato e negli effetti differiti delle decisioni. Questi casi mostrano come alcune configurazioni possano trovare una traduzione relativamente diretta anche in un sistema differente da quelli dai quali le feature erano state originariamente derivate.

Il caso di PL rappresenta in modo particolarmente chiaro il rapporto tra interpretazione della linea guida, progettazione della meccanica e successiva operazionalizzazione. Nelle prime fasi del progetto, la configurazione era associata principalmente alla relazione tra warning ed eventi successivi; durante lo sviluppo, l'implementazione è stata progressivamente modificata introducendo decisioni capaci di creare condizioni persistenti e opportunità utilizzabili in eventi futuri. La relazione tra preparazione e utilizzo è diventata quindi più esplicita e maggiormente aderente alla funzione descritta dalla CPS-GFC. L'implementazione rimane tuttavia parziale, poiché la generazione probabilistica degli eventi non garantisce che tutti i partecipanti incontrino le condizioni necessarie per sfruttare quanto predisposto. Questo aspetto si riflette anche nella valutazione empirica, poiché per alcune sessioni non è disponibile una misura comportamentale relativa all'utilizzo delle opportunità preparate. Tale caratteristica deriva direttamente dalla natura dinamica del sistema e deve quindi essere considerata nell'interpretazione dell'indice, senza essere assimilata a una mancata raccolta del dato.

Le altre linee guida implementate parzialmente mostrano invece differenti livelli di adattamento al genere e al sistema di gioco. Nel caso di UC, la funzione degli advisor è stata mantenuta ma solo parte della configurazione originale ha trovato una corrispondenza nel sistema sviluppato; per GGE, la funzione di orientamento è stata reinterpretata attraverso mappe, indicatori e distribuzione delle risorse, adattando a un sistema decisionale e gestionale una linea guida formulata anche in relazione a strutture spaziali, nemici e oggetti collezionabili. *Unfamiliar Challenges* costituisce il limite opposto di questo processo: la combinazione dinamica di eventi, risorse e condizioni regionali avrebbe potuto essere ricondotta solo parzialmente alla linea guida, ma non derivava da una progettazione esplicita di sfide ottenute attraverso la ricombinazione progressiva di elementi familiari. La scelta di escluderla dal mapping finale, anziché forzarne l'associazione, suggerisce quindi che l'adattamento delle CPS-GFC richieda di distinguere tra equivalenza funzionale, corrispondenza

parziale e semplice somiglianza superficiale con gli elementi descritti dal framework.

Nel complesso, l'esperienza di *Crisis Room* suggerisce che il valore delle CPS-GFC non risieda nella possibilità di tradurle direttamente in un insieme fisso di metriche, ma nella capacità di fornire un riferimento progettuale a partire dal quale rendere esplicite le funzioni attribuite alle feature implementate. L'operazionalizzazione proposta in questa tesi costituisce quindi un livello successivo rispetto al framework originale, collegando intenzione progettuale, soluzione implementata ed evidenza empiricamente osservabile senza assumere che tale collegamento debba essere identico in sistemi di gioco differenti.

6.3 Limitazioni

La principale limitazione dello studio riguarda il tipo di conclusioni che è possibile trarre rispetto al CPS. Le misure sviluppate nel presente lavoro permettono di osservare come i partecipanti interagiscano con configurazioni progettate per supportare o richiedere processi riconducibili al Complex Problem Solving, ma non costituiscono una misura diretta delle capacità di CPS del giocatore né del loro eventuale miglioramento in seguito all'esperienza. Lo studio non include infatti una valutazione standardizzata pre- e post-esperienza, né una misura del trasferimento delle strategie sviluppate nel gioco a problemi esterni a *Crisis Room*. I risultati devono quindi essere interpretati rispetto all'interazione con le CPS-GFC e al comportamento osservato nel sistema, senza estenderli automaticamente a un effetto formativo sulle capacità generali di CPS.

A ciò si aggiunge l'assenza di una condizione di confronto. Tutti i partecipanti hanno utilizzato la stessa versione del serious game e non è quindi possibile isolare sperimentalmente il contributo di una singola linea guida o confrontare, ad esempio, una configurazione con e senza una determinata feature. La costruzione di una condizione di controllo risulta tuttavia particolarmente complessa in un sistema nel quale più CPS-GFC contribuiscono alle stesse meccaniche e interagiscono tra loro: la rimozione di una componente potrebbe modificare non soltanto la variabile di interesse, ma anche il funzionamento complessivo dell'esperienza. Studi futuri potrebbero affrontare questo problema attraverso varianti controllate di specifiche meccaniche, mantenendo per quanto possibile invariato il resto del sistema.

Le analisi considerano inoltre esclusivamente la prima partita valida effettuata da ciascun partecipante. Il tutorial è stato introdotto proprio per fornire una base comune di familiarità con le interazioni fondamentali e ridurre l'influenza della fase iniziale di apprendimento, ma non consente di stabilire quando la comprensione del sistema possa considerarsi sufficientemente consolidata. In un gioco caratterizzato da relazioni persistenti, effetti differiti e regole non completamente esplicitate, parte della conoscenza viene necessariamente costruita durante la partita stessa. Risulta

quindi difficile separare in modo netto la familiarizzazione con il gioco dall'adattamento strategico che costituisce parte dell'esperienza progettata. L'analisi di sessioni ripetute potrebbe permettere di osservare come strategie, performance e indici CPS-GFC evolvano dopo una maggiore esposizione al sistema, ma richiederebbe un disegno specifico nel quale tutti i partecipanti affrontino un numero comparabile di partite.

Un'ulteriore limitazione riguarda le scelte necessarie per trasformare le configurazioni delle CPS-GFC in misure quantitative. L'associazione tra una funzione descritta dalla linea guida e un comportamento osservabile non è univoca: nel presente lavoro è stato necessario stabilire quali azioni considerare rilevanti, come classificarle e come combinarle con le risposte self-report. Soglie, pesi, categorie decisionali e criteri di aggregazione sono stati definiti in funzione della struttura di *Crisis Room* e rappresentano quindi decisioni metodologiche del ricercatore. Tali scelte sono state rese esplicite nella costruzione degli indici, ma operazionalizzazioni alternative potrebbero enfatizzare aspetti differenti della stessa configurazione e produrre risultati parzialmente diversi. La riproducibilità del metodo richiede pertanto non soltanto di applicare le stesse formule, ma anche di verificare se il significato attribuito alle misure rimanga coerente quando le CPS-GFC vengono implementate attraverso meccaniche differenti.

Infine, lo studio è stato condotto su un campione di 31 partecipanti e su un singolo serious game ambientato nel dominio della gestione delle emergenze. Il lavoro consente quindi di analizzare in profondità un caso concreto di applicazione delle CPS-GFC, ma non di assumere che le stesse misure o gli stessi pattern si riproducano invariati in giochi caratterizzati da meccaniche, generi o domini differenti. Proprio il confronto con ulteriori implementazioni rappresenta un passaggio importante per comprendere quali aspetti dell'operazionalizzazione proposta siano specifici di *Crisis Room* e quali possano invece risultare trasferibili ad altri sistemi di gioco.

Capitolo 7

Conclusioni

Questa tesi ha affrontato l'applicazione delle CPS-GFC alla progettazione e alla valutazione di un serious game dedicato alla gestione di situazioni complesse e incerte. Il lavoro ha riguardato sia l'integrazione delle linee guida nel processo di design sia la definizione di un approccio attraverso cui osservarne empiricamente l'implementazione durante l'interazione con il gioco. A questo scopo è stato sviluppato *Crisis Room*, un serious game ambientato nel contesto della Protezione Civile nel quale il giocatore deve gestire, lungo un orizzonte temporale esteso, risorse limitate, eventi imprevedibili e conseguenze immediate o differite delle proprie decisioni.

Nel corso dello sviluppo sono state considerate le dieci linee guida definite dal framework: sei sono state implementate completamente, tre in forma parziale e una è stata esclusa dal mapping finale quando la corrispondenza con le meccaniche effettivamente realizzate non è risultata sufficientemente solida. La successiva valutazione ha coinvolto 31 partecipanti e ha combinato questionari self-report con dati comportamentali registrati nei log di gioco. Nove linee guida sono state quindi analizzate attraverso indici costruiti per rappresentarne separatamente le componenti PE e CPS, collegando le funzioni descritte dal framework a comportamenti e percezioni osservabili nel sistema sviluppato.

I risultati mostrano come il passaggio dalla linea guida progettuale alla sua valutazione empirica non possa essere considerato automatico. Le componenti PE e CPS della stessa linea guida non hanno mostrato una corrispondenza sistematica e, in alcuni casi, hanno restituito profili chiaramente differenti. Allo stesso modo, self-report e comportamento osservato hanno fornito evidenze complementari, senza risultare necessariamente sovrapponibili. Questi risultati suggeriscono l'utilità di mantenere distinti i diversi livelli di analisi, evitando di ridurre l'implementazione di una linea guida a un unico punteggio complessivo.

Le associazioni con la performance e con le misure di esperienza hanno inoltre mostrato un quadro articolato. Non emerge una relazione generale secondo cui valori

maggiori degli indici corrispondano semplicemente a un esito migliore della partita; alcune configurazioni risultano invece associate a specifiche variabili di performance, di usabilità o di esperienza. Nel complesso, i risultati sono quindi più coerenti con una lettura delle CPS-GFC come strumenti progettuali che intervengono su aspetti differenti dell'interazione, piuttosto che come dimensioni ordinate lungo un'unica scala di efficacia.

Il principale contributo del lavoro consiste pertanto nell'aver collegato, all'interno di un caso concreto, framework teorico, progettazione, implementazione e valutazione empirica. Le misure sviluppate per *Crisis Room* non costituiscono un insieme di metriche universali applicabili direttamente a qualsiasi gioco; mostrano piuttosto un possibile processo attraverso cui le funzioni definite dalle CPS-GFC possono essere ricondotte a evidenze osservabili nel sistema in cui vengono implementate. I lavori futuri possono seguire diverse direzioni: una prima consiste nell'applicazione dell'approccio a giochi e domini differenti; una seconda nella realizzazione di studi ad hoc che confrontino giochi simili con configurazioni differenti, introducendo così una condizione di controllo; una terza nell'integrazione di strumenti capaci di valutare più direttamente i processi cognitivi coinvolti nel CPS. Nel complesso, questi sviluppi permetterebbero di verificare in modo più ampio la validità e la trasferibilità dell'approccio proposto.

Appendice A

Questionnaires

La presente appendice riporta le domande poste prima e dopo la sessione di gioco, raggruppate per sezione e strumento di valutazione. Le domande sono riportate nella lingua originale utilizzata durante lo studio.

A.1 Pre-game questionnaire

1. Please enter the participant code provided by the researcher.

Demographic Information

1. **Age**
   Response format: single choice.
   Under 18; 18–24; 25–34; 35–44; 45–54; 55+.

2. **Gender**
   Response format: single choice.
   Male; Female; Non-binary; Prefer not to say.

3. **Highest level of education**
   Response format: single choice.
   High school; Bachelor's degree; Master's degree; PhD; Other

4. **Field of study**
   Response format: open text.

Gaming Experience

1. **How often do you play videogames?**
   Response format: single choice.

Never (less than once a month); Occasionally (1-3 times per month); Regularly (1-3 times per week); Frequently (4 or more days per week).

2. **Which game genres do you play most often?**
   Response format: multiple response.
   Action; Adventure; Fighting; Strategy/Management; Shooter (FPS/TPS); Puzzle; Indie; Rhythm; Sports; Racing; RPG; Other.

3. **Which platforms do you play on most often?**
   Response format: multiple response.
   PC; PlayStation; Xbox; Nintendo (Switch, DS, etc.); Mobile; Other

4. **How experienced are you with strategy or management games?**
   Response format: single choice.
   None; Limited; Moderate; Extensive

Experience and Decision-Making

1. **How familiar are you with civil protection or emergency management?**
   Response format: single choice.
   None; General knowledge; Professional experience.

2. **Have you had any direct experience with these topics (e.g. volunteering, training courses, emergency response)?**
   Response format: open text.

The following items were answered on a five-point Likert scale ranging from *1 = Strongly disagree* to *5 = Strongly agree*.

1. **I tend to make decisions based primarily on intuition.**

2. **When making a decision, I prefer to carefully evaluate all available options before acting.**

3. **I prefer taking risks in order to achieve greater rewards rather than settling for a smaller but certain outcome.**

4. **When I do not have all necessary information, I prefer to wait and gather more data before taking action.**

5. **I feel comfortable making decisions even when I do not have a complete understanding of the situation.**

A.2 Post-game questionnaire

1. Please enter the participant code provided by the researcher.

System Usability Scale (SUS)

The following items were answered on a five-point Likert scale ranging from *1 = Strongly disagree* to *5 = Strongly agree*.

1. I think that I would like to use this system frequently.
2. I found the system unnecessarily complex.
3. I thought the system was easy to use.
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
5. I found the various functions in this system were well integrated.
6. I thought there was too much inconsistency in this system.
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
8. I found the system very cumbersome to use.
9. I felt very confident using the system.
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.

CPS-GFC items

The following items were answered on a five-point Likert scale ranging from *1 = Strongly disagree* to *5 = Strongly agree*.

PGW.

1. The consequences of my decisions were clear and observable throughout the game.
2. I had to think about the long-term consequences of my decisions.

UGE.

1. The events in the game appeared to follow an understandable logic.
2. I tried to understand the causes of events before making a decision.

UC.

1. The information provided by the advisors changed the way I evaluated the situation.
2. Before consulting an advisor, I was unsure what information I would receive or how useful it would be.

GG.

1. From the beginning, I clearly understood the game's priorities.
2. I had to reconsider my priorities during the game.
3. I understood how my decisions influenced the different objectives of the game.

GGE.

1. The maps and indicators helped me understand where to allocate resources.
2. I used the visual information available in the operations room to guide my decisions.

SP.

1. I had enough time to evaluate all the available options before making a decision.
2. I felt under pressure when making decisions.

PL.

1. I tried to prepare for future events even when the situation seemed under control.
2. I realized that some decisions would affect future events.
3. During emergencies, I recognized opportunities created by my previous decisions.

RR.

1. I could clearly perceive the different levels of risk associated with the available options.
2. I adapted my decisions based on the resources available at the time.

3. In some situations, I took more risks than necessary.

WIF.

1. I recognized the warning signs and acted accordingly.
2. The visual cues and available information were sufficient to understand the severity of the situation.

Open-ended questions

1. Was there a moment when you realized that one of your previous decisions had unexpected consequences? If so, please describe it.
2. Was there a moment during the game when you changed your strategy? What prompted you to do so?
3. Feel free to add any feedback about the experience.

Game Experience Questionnaire

The following items were answered on a five-point Likert scale ranging from *0 = not at all* to *4 = extremely.*

Competence.

1. I felt skilful.
2. I felt competent.
3. I was good at it.
4. I felt successful.
5. I was fast at reaching the game's targets.

Flow.

1. I was fully occupied with the game.
2. I forgot everything around me.
3. I lost track of time.
4. I was deeply concentrated in the game.
5. I lost connection with the outside world.

Challenge.

1. I thought it was hard.
2. I felt pressured.
3. I felt challenged.
4. I felt time pressure.
5. I had to put a lot of effort into it.

Bibliografia

[1] Elizabeth A. Boyle et al. «An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games». In: *Computers & Education* 94 (2016), pp. 178–192 (cit. alle pp. 1, 4, 5).

[2] Pieter Wouters, Christof Van Nimwegen, Herre Van Oostendorp e Erik D. Van Der Spek. «A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games». In: *Journal of Educational Psychology* 105 (2013), pp. 249–265 (cit. alle pp. 1, 4, 5).

[3] Dietrich Dörner e Joachim Funke. «Complex problem solving: What it is and what it is not». In: *Frontiers in Psychology* 8 (2017), p. 1153 (cit. alle pp. 1, 6, 13).

[4] Andreas Fischer, Samuel Greiff e Joachim Funke. «The process of solving complex problems». In: *Journal of Problem Solving* 4 (2011), pp. 19–42 (cit. alle pp. 1, 6, 13).

[5] 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* 20 (2025), p. 100811. DOI: 10.1016/j.chbr.2025.100811 (cit. alle pp. 2, 5, 7–12).

[6] Thomas M. Connolly, Elizabeth A. Boyle, Ewan MacArthur, Thomas Hainey e James M. Boyle. «A Systematic Literature Review of Empirical Evidence on Computer Games and Serious Games». In: *Computers & Education* 59.2 (2012), pp. 661–686. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.03.004 (cit. a p. 4).

[7] Douglas B. Clark, Emily E. Tanner-Smith e Stephen S. Killingsworth. «Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis». In: *Review of Educational Research* 86.1 (2016), pp. 79–122. DOI: 10.3102/0034654315582065 (cit. alle pp. 4, 5).

[8] Carlo Fabricatore e Ximena Lopez. «Game-Based Learning as a Meaning Making-Driven Activity Process: A Human Factors Perspective». In: *Proceedings of the 13th European Conference on Game Based Learning*. Academic Conferences e Publishing International, 2019, pp. 218–226 (cit. a p. 5).

[9] Joachim Funke, Andreas Fischer e Daniel V. Holt. «Competencies for Complexity: Problem Solving in the Twenty-First Century». In: *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. A cura di Esther Care, Patrick Griffin e Mark Wilson. Springer, 2018, pp. 41–53. DOI: 10.1007/978-3-319-65368-6_3 (cit. a p. 5).

[10] Peter A. Frensch e Joachim Funke. «Definitions, Traditions, and a General Framework for Understanding Complex Problem Solving». In: *Complex Problem Solving: The European Perspective*. A cura di Peter A. Frensch e Joachim Funke. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1995, pp. 3–25 (cit. a p. 6).

[11] Deniz Eseryel, Victor Law, Dirk Ifenthaler, Xun Ge e Raymond Miller. «An Investigation of the Interrelationships between Motivation, Engagement, and Complex Problem Solving in Game-Based Learning». In: *Journal of Educational Technology & Society* 17.1 (2014), pp. 42–53 (cit. a p. 7).

[12] Dimitar Gyaurov, Carlo Fabricatore e Ximena Lopez. «CPS-GBL Framework to Evaluate Game Systems Promoting Intrinsically-Motivating Complex Problem-Solving Processes». In: *Proceedings of the 14th European Conference on Games Based Learning*. 2020, pp. 220–228. DOI: 10.34190/GBL.20.107 (cit. alle pp. 7, 8).

[13] Uriel Rosenthal, Michael T. Charles e Paul 't Hart. *Coping with Crises: The Management of Disasters, Riots, and Terrorism*. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1989 (cit. a p. 12).

[14] Arjen Boin, Paul 't Hart, Eric Stern e Bengt Sundelius. *The Politics of Crisis Management: Public Leadership under Pressure*. 2ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. DOI: 10.1017/9781316339756 (cit. a p. 12).

[15] Dipartimento della Protezione Civile. *Dipartimento della Protezione Civile*. URL: https://www.protezionecivile.gov.it/ (visitato il giorno 29/08/2026) (cit. a p. 13).

[16] Ndemic Creations. *Plague Inc.* Videogioco. Ndemic Creations. 2012 (cit. alle pp. 16, 17).

[17] Ndemic Creations. *Rebel Inc.* Videogioco. Ndemic Creations. 2018 (cit. alle pp. 16, 17).

[18] Nerial Ltd. *Reigns*. Videogioco. Pubblicato da Devolver Digital. 2016 (cit. alle pp. 17, 18).

[19] Graeme Borland. *Sort the Court!* Videogioco. Sviluppato con Amy Gerardy e Bogdan Rybak. 2015 (cit. a p. 17).

[20] John Brooke. «SUS: A "Quick and Dirty" Usability Scale». In: *Usability Evaluation in Industry*. A cura di Patrick W. Jordan, Bruce Thomas, Bernard A. Weerdmeester e Ian L. McClelland. London: Taylor & Francis, 1996, pp. 189–194 (cit. alle pp. 50, 62).

[21] Wijnand A. IJsselsteijn, Yvonne A. W. de Kort e Karolien Poels. *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2013 (cit. a p. 51).

[22] Aaron Bangor, Philip Kortum e James Miller. «Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale». In: *Journal of Usability Studies* 4.3 (2009), pp. 114–123 (cit. a p. 82).

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il mio relatore, Prof. Andrea Bottino, e il mio correlatore, Prof. Carlo Fabricatore, per la disponibilità, i suggerimenti e il supporto forniti durante lo sviluppo di questo lavoro di tesi.

Un ringraziamento va inoltre a tutte le persone che hanno contribuito alle diverse fasi di test di *Crisis Room*, fornendo osservazioni e feedback utili al miglioramento del gioco.

Infine, ringrazio tutti i partecipanti allo studio sperimentale per il tempo dedicato alla prova del gioco e alla compilazione dei questionari. Il loro contributo è stato essenziale per la realizzazione della fase di valutazione di questo lavoro.