

PRIMO STUDIO AVANZATO DI RICERCA SULLA FISICA INFORMATICA
Unificazione canonica tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria
interna e potenziale di attualizzazione
Ivan Carenzi

Front Matter

Autore: Ivan Carenzi.

ORCID: 0009-0006-0108-7808.

Serie/Corpus: Fisica Informazionale.

Titolo: P1 – Unificazione canonica tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione.

Tipo: Descrittivo.

Versione: Revisione canonica.

Data: 2026-04-12.

Lingua: Italiano.

Stato: Revisione.

Licenza: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

DOI versione: 10.5281/zenodo.19539222.

Regola di precedenza normativa

Questo documento è descrittivo. Nel dominio cosmologico prevale la specifica canonica CMDE 4.1; per la separazione dei domini, la notazione e lo statuto delle traiettorie interne prevalgono i documenti canonici del Corpus richiamati nello studio. In caso di discrepanze, tali fonti prevalgono su questo documento.

Sintesi operativa

Il documento chiude in revisione canonica il problema P1 definendo la legge di propagazione tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione. Si usa come riferimento teorico per studi, audit e applicazioni interne che richiedono $z_x(\tau)$, $R_x(s)$ o $R_x(\tau)$, $\Phi_x(\tau)$, separazione rigorosa dei domini e mappature esplicite tra τ e t quando ammesse. Non ridefinisce la CMDE 4.1 e non sostituisce protocolli metrici o sperimentali dichiarati.

Parole chiave

Fisica Informazionale, P1, coordinata di trasformazione informazionale, traiettoria interna, potenziale di attualizzazione, $z_x(\tau)$, $R_x(s)$, $\Phi_x(\tau)$, separazione dei domini, CMDE 4.1, gauge di unificazione normalizzata

Come citare

Ivan Carenzi, 2026, P1 – Unificazione canonica tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione, revisione canonica, Zenodo 10.5281/zenodo.19539222.

P1 - Relazione unificata $z - R - \Phi$

1. Identificazione del problema

Il presente studio tratta il problema P1 nella sua formulazione canonica vigente. Il titolo sintetico “Relazione unificata $z - R - \Phi$ ” è mantenuto nell’intestazione per continuità archivistica interna, ma nel corpo del documento la scrittura rigorosa adottata è quella del Corpus aggiornato, cioè $z_x(\tau)$, $R_x(s)$ oppure $R_x(\tau)$ quando necessario, e $\Phi_x(\tau)$, con sistema x e parametro interno dichiarati.

Il problema è qui affrontato come revisione canonica ufficiale di una formulazione storica precedente. Non si tratta quindi di una prima risoluzione assoluta nel senso archivistico originario, ma della chiusura canonica aggiornata del problema nel quadro teorico vigente della Fisica Informazionale.

Lo scopo generale del presente studio è definire in forma formalmente consistente la relazione tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione, chiarendo in quale senso la dinamica della traiettoria possa essere derivata, vincolata o propagata a partire dalle altre due grandezze e in quale senso tale relazione richieda la mediazione di una dipendenza esplicita dal sistema.

Dal punto di vista della catena progressiva del Corpus, P1 costituisce il gradino preliminare della teoria delle traiettorie interne. Prima di classificare traiettorie, confrontarle, misurarne la stabilità o raccoriarle ad altri domini, è necessario stabilire quale relazione minima e rigorosa legghi trasformazione, attualizzazione e traiettoria. Non risultano, nella continuità teorica pertinente già formalizzata, problemi precedenti risolti che costituiscano per questo studio una dipendenza cumulativa necessaria.

2. Quadro vincolante e dipendenze dichiarate

Le basi normative principali del presente studio sono la CMDE 4.1 canonica definitiva, il Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali e il Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne.

La CMDE 4.1 resta la sede normativa del redshift informazionale cosmologico $z(t)$ e impone la separazione di dominio che vieta l’uso non indicizzato di z fuori dalla cosmologia. Il Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali vincola lo statuto dei livelli e impedisce di confondere formalizzazione operativa, genealogia concettuale e interpretazione ontologica. Il Trattato RT definisce R_x come grandezza interna indicizzata, adimensionale, preferibilmente espressa nella coordinata log-temporale s , e ne impedisce l’assimilazione impropria alla metrica cosmologica.

Sono inoltre pertinenti il Glossario Ufficiale, l’Appendice Metrica, il Manuale Operativo, il Compendio Didattico, la Dichiarazione di Nascita, i Casi Studio e la Relazione Integrativa, nella misura in cui disciplinano lessico, statuto delle grandezze, protocolli di misura, limiti osservativi, separazione dei domini e condizioni di applicabilità.

La collocazione progressiva del presente studio è stata inoltre verificata rispetto alla continuità interna del programma di ricerca, usata esclusivamente come riferimento redazionale e non come oggetto di menzione pubblica.

3. Introduzione del problema

Fin dalle formulazioni iniziali della Fisica Informazionale è emersa l'intuizione che trasformazione, attualizzazione e traiettoria non fossero realtà indipendenti, ma tre modi di leggere un medesimo processo di divenire. Tuttavia l'intuizione, per divenire fondativa, deve essere liberata da ogni ambiguità di statuto e di notazione.

La difficoltà storica del problema P1 era precisamente questa. La triade $z(t)$, $R(t)$, $\Phi(t)$, pur efficace sul piano evocativo, tendeva a sovrapporre il dominio cosmologico della CMDE e il dominio interno dei sistemi non cosmologici. Questa sovrapposizione non è più ammissibile nello stato attuale del Corpus, perché $z(t)$ senza indice è riservata al solo redshift informazionale cosmologico, mentre le traiettorie interne richiedono sempre indicizzazione, parametro dichiarato e protocollo esplicito.

La revisione canonica di P1 è quindi necessaria per stabilire una legge rigorosa che conservi il nucleo fecondo della formulazione storica, cioè l'idea che la traiettoria non sia indipendente dalla trasformazione e dall'attualizzazione, ma lo ricollocchi nel quadro corretto. Il problema, in forma matura, non è più chiedersi se esista una relazione tra z , R e Φ in astratto, ma determinare la forma minima, coerente e controllabile con cui un sistema interno x possa trasformare una variazione informazionale e una apertura di attualizzazione in una effettiva propagazione della propria traiettoria.

4. Obiettivo della risoluzione

Nel presente studio risolvere P1 significa ottenere cinque risultati.

Il primo è definire una legge canonica di propagazione della traiettoria interna che sia compatibile con il Corpus e con la separazione dei domini.

Il secondo è stabilire in quali condizioni la formulazione storica del tipo $dR/dz = \Phi$ possa essere recuperata come caso particolare e in quali condizioni non possa essere assunta come legge generale.

Il terzo è chiarire le ipotesi di regolarità e di protocollo necessarie per passare dalla forma incrementale o stieltjesiana a una forma differenziale locale.

Il quarto è determinare i casi limite, le condizioni degeneri e i limiti di validità della relazione.

Il quinto è chiudere il problema con un risultato formalmente netto, compatibile con il resto del Corpus, e corredato dagli audit pubblicabili e dall'audit interno di manutenzione documentale.

5. Stato del problema e formulazione rigorosa

La formulazione storica del problema, espressa come relazione tra $z(t)$, $R(t)$ e $\Phi(t)$, conserva valore archivistico, ma non può più essere assunta come formulazione rigorosa generale. La sua funzione, nella presente revisione, è quella di radice storica del problema, non di notazione tecnica vigente.

La formulazione rigorosa adottata in questo studio è la seguente.

Dato un sistema interno x , si considerino un parametro interno τ appartenente a un intervallo I_x , una coordinata di trasformazione informazionale $z_x(\tau)$, una traiettoria interna R_x , preferibilmente espressa come $R_x(s)$ con $s = \ln(\tau/\tau_{ref,x})$ e $\tau_{ref,x} > 0$ dichiarato, e un potenziale di attualizzazione $\Phi_x(\tau)$. Il problema P1 consiste nel definire la relazione canonica minima che lega queste grandezze in modo tale che la traiettoria non sia né arbitraria né confusa con la cosmologia, e che il suo avanzamento dipenda sia dalla trasformazione informazionale sia dalla struttura di attualizzazione coerente del sistema.

Il nucleo matematico del problema è una legge di propagazione della traiettoria. Il nucleo fisico-informazionale è la determinazione di quanta trasformazione attualizzabile si converta effettivamente in traiettoria. Il nucleo epistemologico è la distinzione tra ciò che cambia, ciò che può attualizzarsi e ciò che diventa coerenza integrata nel tempo interno.

6. Postulati, definizioni fondamentali e notazione

Definizione 1. Sistema interno e parametro di evoluzione. Un sistema interno x è un sistema non cosmologico per il quale siano dichiarati stati, osservabili, regole di confronto, dominio di validità e parametro interno τ . Il parametro τ non coincide mai implicitamente con il tempo cosmologico t .

Definizione 2. Coordinata di trasformazione informazionale. $z_x(\tau)$ è la coordinata che misura la trasformazione informazionale del sistema x lungo il parametro τ . Essa è definita da protocollo. In forma generale può nascere come quantità tra stati successivi, per esempio $z_x(\tau_1 \rightarrow \tau_2)$, oppure come rappresentazione cumulativa o regolarizzata lungo il dominio. La forma differenziale $dz_x/d\tau$ è ammessa solo quando il protocollo abbia esplicitamente costruito una rappresentazione cumulativa, continua a tratti, assolutamente continua o comunque sufficientemente regolare della trasformazione interna. In assenza di tale regolarizzazione, la forma primaria resta incrementale o, quando applicabile, di Stieltjes.

Definizione 3. Traiettoria interna. $R_x(s)$, oppure $R_x(\tau)$ quando la coordinata logaritmica non sia adottata, è la misura della coerenza, tracciabilità e continuità riflessiva del sistema x lungo la propria evoluzione interna. La forma preferibile è $R_x(s)$, con $s = \ln(\tau/\tau_{ref,x})$, perché rende esplicita la natura adimensionale della grandezza e la distingue dalla metrica cosmologica.

Definizione 4. Potenziale di attualizzazione. $\Phi_x(\tau)$ è il potenziale operativo di attualizzazione entro vincoli dichiarati. Esso misura l'apertura coerente delle evoluzioni ammissibili nello stato considerato. Φ_x non è una forza, non è una teleologia, non è un automatismo ontologico. È una grandezza operativa di possibilità coerente rispetto ai vincoli del sistema.

Definizione 5. Coefficiente di trasferimento riflessivo. Si introduce $\kappa_x(\tau)$, coefficiente di trasferimento riflessivo, con valore non negativo e dipendenza esplicita dal sistema. κ_x misura la quota di trasformazione attualizzabile che si converte effettivamente in variazione di traiettoria. Questa grandezza impedisce che la relazione tra trasformazione, attualizzazione e traiettoria venga assunta come identica per tutti i sistemi senza mediazione.

Postulato 1. Nullità per assenza di trasformazione. Se la trasformazione effettiva lungo l'intervallo considerato è nulla, non si produce propagazione della traiettoria per quella via.

Postulato 2. Nullità per assenza di attualizzazione. Se Φ_x è nulla lungo l'intervallo considerato, non si produce avanzamento metrico della traiettoria per quella via, anche in presenza di cambiamento.

Postulato 3. Dipendenza dal sistema. La propagazione della traiettoria dipende dalla struttura del sistema e non può essere assunta identica per tutti i domini senza una mediazione esplicita.

Postulato 4. Separazione dei domini. Nessuna proprietà del redshift cosmologico $z(t)$ è trasferibile automaticamente a $z_x(\tau)$, R_x o Φ_x . Ogni collegamento con la CMDE richiede mappatura esplicita tra t e τ e tra metrica cosmologica e codifica interna.

7. Legge canonica di propagazione e risoluzione formale

Dai postulati precedenti segue che la variazione della traiettoria deve annullarsi sia in assenza di trasformazione effettiva sia in assenza di attualizzazione coerente. Essa deve inoltre conservare la dipendenza dal sistema. La forma canonica minima che soddisfa queste condizioni è assunta nel presente studio come legge di propagazione interna:

$$dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$$

Questa è la relazione fondamentale di P1 nella sua forma canonica aggiornata. Il suo statuto corretto non è quello di un teorema universale dedotto una volta per tutte da una sola identità necessaria, bensì quello di legge canonica di unificazione e propagazione adottata dal presente studio perché è la forma minima compatibile con i vincoli del Corpus e con la dipendenza esplicita dal sistema.

Quando z_x ammette una rappresentazione differenziale rispetto a τ , la legge assume quasi ovunque la forma locale:

$$dR_x/d\tau = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x/d\tau$$

Quando si usa la coordinata logaritmica $s = \ln(\tau/\tau_{ref,x})$, con $\tau > 0$, si ottiene:

$$dR_x/ds = \kappa_x(\tau(s)) \Phi_x(\tau(s)) dz_x/ds$$

Questa forma è particolarmente importante perché riallinea il problema P1 con lo statuto preferibile del Trattato RT, nel quale R_x è una grandezza interna formulata in s e il criterio di regime è espresso in termini di dR_x/ds .

Su ciascun ramo in cui z_x sia monotona e differenziabile, oppure più in generale su ciascun tratto in cui z_x possa essere usata come coordinata di cammino, la legge assume la forma parametrica:

$$dR_x/dz_x = \kappa_x \Phi_x$$

Questa relazione non è quindi la legge universale originaria della triade storica, ma la forma ramificata o normalizzata della propagazione quando le condizioni di regolarità e di invertibilità locale della coordinata di trasformazione siano soddisfatte.

Integrando tra due istanti interni τ_1 e τ_2 si ottiene la forma globale:

$$R_x(\tau_2) - R_x(\tau_1) = \text{integrale da } \tau_1 \text{ a } \tau_2 \text{ di } \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) [dz_x/d\tau] d\tau$$

Quando z_x sia usabile come coordinata di cammino sul ramo considerato, si ha anche:

$$R_x(\tau_2) - R_x(\tau_1) = \text{integrale da } z_x(\tau_1) \text{ a } z_x(\tau_2) \text{ di } \kappa_x(\tau(z)) \Phi_x(\tau(z)) dz$$

Quando invece z_x non sia liscia, non sia monotona globalmente o derivi da una costruzione a variazione limitata, la legge fondamentale può essere interpretata in senso di Stieltjes, e la forma primaria resta:

$$R_x(B) - R_x(A) = \text{integrale di } \kappa_x \Phi_x dz_x \text{ lungo il tratto considerato}$$

In questa formulazione il problema P1 risulta chiuso con una legge sufficientemente generale da includere il regime regolare, il regime a rami monotoni e il regime a variazione limitata, evitando il falso universalismo della sola forma $dR_x/dz_x = \Phi_x$.

8. Caso storico recuperato e sua corretta collocazione

La formulazione storica del problema non viene eliminata, ma ricollocata nel suo statuto corretto.

Definizione 6. Gauge di unificazione normalizzata. Si dice che un protocollo è in gauge di unificazione normalizzata quando le scelte di scala, codifica e metrica sono tali da assorbire interamente la dipendenza dal sistema nel formalismo, rendendo $\kappa_x(\tau) = 1$ sul dominio di interesse.

In tale caso la legge generale si riduce a:

$$dR_x = \Phi_x dz_x$$

e, nel regime differenziale:

$$dR_x/d\tau = \Phi_x(\tau) dz_x/d\tau$$

mentre sui rami monotoni si ottiene:

$$dR_x/dz_x = \Phi_x$$

Questo è il nucleo legittimo e recuperabile della formulazione storica. La differenza decisiva è che ora esso non viene più presentato come legge universale valida senza condizioni, ma come caso particolare normalizzato della legge canonica generale. In questo modo il testo storico conserva il proprio valore intuitivo e genealogico, ma cessa di essere attaccabile per eccesso di generalizzazione.

9. Condizioni di consistenza, casi limite e implicazioni operative

Il formalismo è consistente solo se il dominio applicativo è dichiarato con precisione. Occorre identificare il sistema x , definire il parametro τ , dichiarare gli stati e le osservabili, specificare il criterio con cui si costruisce z_x , definire operativamente Φ_x e dichiarare o stimare κ_x . In assenza di questi elementi, la legge resta una struttura simbolica corretta ma non ancora quantitativamente applicabile.

Primo caso limite. Se la trasformazione effettiva è nulla sul tratto considerato, la traiettoria non si propaga per quella via. Questo non equivale a dire che il sistema sia statico in senso assoluto, ma soltanto che la coordinata di trasformazione scelta non registra differenza efficace.

Secondo caso limite. Se Φ_x è nulla, il sistema può attraversare cambiamenti, ma tali cambiamenti non si convertano in attualizzazione coerente capace di alimentare la traiettoria.

Terzo caso limite. Se κ_x è nulla, vi è disaccoppiamento completo tra trasformazione attualizzabile e crescita della traiettoria. Il sistema cambia, ma il cambiamento non viene trasferito in coerenza riflessiva integrata.

Quarto caso limite. Se z_x non è monotona globalmente, la forma $dR_x/dz_x = \kappa_x \Phi_x$ non è utilizzabile come coordinata unica globale. La trattazione va allora svolta per rami monotoni oppure in senso di variazione limitata.

Quinto caso limite. Se si adotta la forma $R_x(s)$, la normalizzazione $s = \ln(\tau/\text{tref}_x)$ richiede τ positivo e tref_x dichiarato. Senza tale scelta la coordinata s non è definita e la forma preferibile del Trattato RT non può essere impiegata.

Dal punto di vista operativo, il risultato consente tre usi principali. Consente di propagare R_x quando z_x , Φ_x e κ_x siano noti. Consente di vincolare R_x quando siano disponibili solo stime o limiti superiori e inferiori di $\kappa_x \Phi_x$. Consente di ricostruire inversamente il prodotto $\kappa_x \Phi_x$ quando R_x e z_x siano osservati e la struttura di protocollo sia sufficientemente dichiarata.

In particolare, se su un intervallo il prodotto $\kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau)$ è limitato superiormente da M_x e z_x è a variazione limitata, allora vale la stima:

$$|R_x(\tau_2) - R_x(\tau_1)| \text{ minore o uguale a } M_x \text{ per la variazione totale di } z_x \text{ tra } \tau_1 \text{ e } \tau_2$$

Se invece su un ramo monotono vale $\kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau)$ maggiore o uguale a m_x positivo, allora:

$$|R_x(\tau_2) - R_x(\tau_1)| \text{ maggiore o uguale a } m_x \text{ per } |z_x(\tau_2) - z_x(\tau_1)|$$

Queste disuguaglianze forniscono rispettivamente un controllo di stabilità e un vincolo minimo di propagazione.

10. Collegamento controllato con la CMDE 4.1

La CMDE 4.1 resta esterna e normativa nel proprio dominio. Il presente studio non modifica $z(t)$, non interviene sulla struttura a tre fasi, non tocca parametri o raccordi della metrica cosmologica e non attribuisce alla traiettoria interna alcun potere di riscrivere la cosmologia.

Tuttavia il collegamento con la CMDE è ammissibile in forma controllata. Se un sistema interno x dispone di una mappatura esplicita $t = T_x(\tau)$ e di una codifica interna $z_x(\tau) = G_x(z_{CMDE}(T_x(\tau)))$, allora la legge di propagazione assume la forma:

$$dR_x/d\tau = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) G_x'(z_{CMDE}) [dz_{CMDE}/dt] [dT_x/d\tau]$$

Questa è la sola forma lecita di collegamento quantitativo tra redshift cosmologico e dinamica interna della traiettoria. In assenza di T_x e G_x dichiarate, nessun trasferimento dal dominio cosmologico a quello interno è consentito.

Ne segue una conseguenza importante. Nel corpo di questo studio la grandezza z_x non deve essere chiamata “redshift” in senso proprio, salvo il caso in cui la mappatura verso il dominio cosmologico sia stata realmente dichiarata. Il titolo sintetico del problema conserva la dizione storica per continuità archivistica, ma la dizione rigorosa adottata nel testo è “coordinata di trasformazione informazionale indicizzata”.

11. Confronti con la fisica classica, quantistica e altri modelli

Nel quadro cosmologico classico il redshift è una grandezza osservativa legata a una dinamica geometrica globale. Nel presente studio, invece, z_x è una coordinata interna di trasformazione definita da protocollo. Tra le due strutture può esistere analogia formale o mapping controllato, ma non identità automatica.

Rispetto ai sistemi dinamici classici, la legge di P1 ha la forma di una propagazione con guadagno interno variabile, ma il suo spazio di stato non è meccanico in senso tradizionale. Esso è informazionale, cioè dipende da regole di confronto tra stati, osservabili e vincoli dichiarati.

Rispetto alla teoria dell'informazione, Φ_x non coincide automaticamente con entropia, informazione mutua o costo computazionale. Può eventualmente essere correlata a tali quantità in protocolli specifici, ma non è definita per semplice identificazione con esse.

Rispetto alla teoria quantistica, il presente studio non autorizza alcuna identificazione diretta tra Φ_x e ampiezza di probabilità, tra z_x e collasso, o tra R_x e stato quantistico. Un eventuale raccordo con formalismi quantistici richiederebbe uno studio specifico e una mappatura esplicita.

Il merito della revisione di P1 non consiste quindi nel fondere ogni modello esistente in un unico formalismo, ma nel fornire una grammatica rigorosa che consente confronti futuri senza confusione di livelli.

12. Interpretazioni filosofiche e narrative

La revisione canonica di P1 rende finalmente disciplinata una intuizione profonda della Fisica Informazionale. Non basta che un sistema cambi perché esista una traiettoria. Non basta neppure che disponga di possibilità. Occorre che la trasformazione e la possibilità coerente si incontrino in una struttura capace di trasferimento, integrazione e continuità.

z_x dice quanto il sistema si trasforma. Φ_x dice quanta attualizzazione coerente è disponibile entro i suoi vincoli. κ_x dice quanto di questa combinazione sia realmente trasferibile in traiettoria. R_x dice ciò che di tale processo resta integrato come continuità interna, come memoria strutturata del divenire, come coerenza riflessiva.

In questa luce la traiettoria non è un semplice accompagnamento del cambiamento. È il suo esito selettivo e integrato. La revisione di P1 mostra quindi che la Fisica Informazionale non tratta il divenire come mera successione di stati, ma come processo nel quale alcune trasformazioni si fanno possibilità attualizzabile e alcune possibilità attualizzabili si fanno struttura di continuità.

13. Conclusione ufficiale di risoluzione

Il problema P1, nella sua formulazione canonica vigente, deve ritenersi risolto in revisione canonica nei termini seguenti.

La relazione generale e rigorosa tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione è data dalla legge canonica di propagazione:

$$dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$$

Nel regime in cui z_x ammetta rappresentazione differenziale rispetto a τ , la legge assume quasi ovunque la forma:

$$dR_x/d\tau = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x/d\tau$$

Sui rami in cui z_x sia usabile come coordinata di cammino, essa si scrive:

$$dR_x/dz_x = \kappa_x \Phi_x$$

La formulazione storica $dR_x/dz_x = \Phi_x$ non viene abolita, ma è ricollocata come caso particolare di gauge di unificazione normalizzata, cioè quando $\kappa_x = 1$.

Con questa revisione il problema è chiuso in modo canonicamente soddisfacente, perché risulta ora determinato in quale senso la traiettoria possa essere derivata, in quale senso possa essere soltanto vincolata e in quale senso il collegamento con il dominio cosmologico CMDE sia ammissibile solo tramite mapping esplicito. Entrano così stabilmente nel Corpus tre acquisizioni: la legge generale di propagazione $dR_x = \kappa_x \Phi_x dz_x$, la nozione di gauge normalizzata come recupero controllato della formula storica, e il divieto definitivo di usare la triade $z(t) - R(t) - \Phi(t)$ come forma rigorosa generale fuori dal solo contesto storico-archivistico.

14. Verifica integrata finale

Il presente studio è stato verificato sul piano matematico, fisico-informazionale, logico, filosofico ed epistemologico.

Sul piano matematico, la legge è formulata in modo corretto sia nel regime differenziale sia nel regime incrementale o stieltjesiano, evitando di attribuire universalità indebita alla sola derivata rispetto a z_x . Sul piano fisico-informazionale, la separazione dei domini è mantenuta senza eccezioni implicite. Sul piano logico, la dipendenza dal sistema è resa esplicita da κ_x e impedisce contraddizioni con lo statuto di R_x nel Trattato RT. Sul piano filosofico, la narrazione illumina il formalismo senza sostituirsi ad esso. Sul piano epistemologico, le condizioni di protocollo, i limiti di validità, i casi degeneri e i vincoli di mappatura sono dichiarati con chiarezza.

Il problema P1 può pertanto considerarsi chiuso, nella presente revisione canonica, in forma coerente, tracciabile e pubblicabile.

AUDIT 1 - AUDIT BASI NORMATIVE PRINCIPALI

CMDE 4.1 canonica definitiva

Esito: invariato

Motivazione: il presente studio non modifica la metrica cosmologica, non interviene sui parametri o sulla struttura a tre fasi e rafforza la regola secondo cui ogni uso interno richiede indicizzazione e mapping esplicito.

Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali

Esito: invariato

Motivazione: la revisione di P1 rispetta la distinzione tra livelli, evita inferenze ontologiche indebite e non introduce nuove leggi in conflitto con il quadro genealogico-semantic.

Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne

Esito: richiede addendum

Motivazione: il nucleo del trattato resta pienamente valido, ma la nuova legge canonica di propagazione $dR_x = \kappa_x \Phi_x dz_x$ e la distinzione tra forma generale e gauge normalizzata richiedono un addendum tracciato di raccordo, senza alcuna riscrittura silenziosa.

AUDIT 2 - AUDIT FONDATIVI ESTESI DEL CORPUS

Dichiarazione di Nascita della Fisica Informazionale

Esito: invariato

Motivazione: il risultato conferma la separazione dei domini e il carattere non teleologico di Φ_x senza richiedere correzioni del suo nucleo.

Introduzione allo Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum

Motivazione: conviene integrare una breve precisazione che distingua la forma generale di P1 dalla formulazione storica normalizzata.

Glossario Ufficiale della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione

Motivazione: occorre introdurre le voci coefficiente di trasferimento riflessivo κ_x , gauge di unificazione normalizzata, propagazione stieltjesiana della traiettoria e ramo monotono di z_x .

Manuale Operativo della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione

Motivazione: è necessario esplicitare il protocollo minimo per costruire z_x in forma cumulativa o regolarizzata, dichiarare o stimare κ_x e applicare la legge di propagazione nei diversi regimi.

Appendice Metrica della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione

Motivazione: la nuova legge canonica, le condizioni di passaggio tra forma incrementale e forma differenziale e le stime di controllo devono essere recepite in sede metrica.

Casi Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum

Motivazione: è opportuno aggiungere almeno un caso applicativo in cui R_x venga propagata da z_x , Φ_x e κ_x con protocollo dichiarato.

Compendio Didattico Avanzato della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum

Motivazione: la revisione di P1 va recepita nella parte didattica che distingue le tre famiglie di grandezze operative.

Bibliografia Ragionata della Fisica Informazionale

Esito: non pertinente al problema trattato

Motivazione: il presente studio non richiede direttamente nuove fonti bibliografiche obbligatorie.

Codice Etico della Fisica Informazionale

Esito: non pertinente al problema trattato

Motivazione: la revisione è teorico-formale e non modifica direttamente i vincoli etici del Corpus.

Relazione Integrativa del Corpus della Fisica Informazionale

Esito: non pertinente al problema trattato

Motivazione: eventuali aggiornamenti narrativi sono facoltativi e non necessari alla validità canonica del risultato.

AUDIT 3 - AUDIT CATENA DEI PROBLEMI P

Non risultano, nella continuità teorica pertinente già formalizzata, problemi precedenti risolti che costituiscano dipendenze cumulative necessarie del presente studio. La revisione canonica di P1 è quindi compatibile con la catena teorica fin qui consolidata senza richiedere addendum a problemi precedenti già chiusi.

SECONDO STUDIO AVANZATO DI RICERCA SULLA FISICA INFORMATICA

Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate

Ivan Carenzi

Front Matter

Autore: Ivan Carenzi.

ORCID: 0009-0006-0108-7808.

Serie/Corpus: Fisica Informazionale.

Titolo: P2 - Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate.

Tipo: Descrittivo.

Versione: Revisione canonica ufficiale.

Data: 2026-05-17.

Lingua: Italiano.

Stato: Canonico.

Licenza: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

DOI versione: 10.5281/zenodo.20257498.

Regola di precedenza normativa

Il presente documento è descrittivo. In caso di discrepanze, prevalgono le fonti normative primarie del Corpus, in particolare CMDE 4.1 canonica, Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali e Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne.

Sintesi operativa

Questo studio chiude in revisione canonica il Problema P2 della Fisica Informazionale, definendo la topologia delle traiettorie interne indicizzate $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$. Il documento stabilisce criteri di equivalenza, firma topologico-morfologica, distanza informazionale topologica d_T , similarità e tassonomia F_1 - F_5 . Si usa per classificare e confrontare traiettorie interne entro sistema, parametro, protocollo, soglie e limiti dichiarati. Non modifica la CMDE, non identifica τ con t e non sostituisce il P1.

Parole chiave

Fisica Informazionale, P2, traiettorie interne, $R_x(\tau)$, $R_x(s)$, topologia, equivalenza topologica, d_T , similarità, famiglie F_1 - F_5 , P1, CMDE 4.1

Come citare

Carenzi, Ivan (2026), P2 - Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate, revisione canonica ufficiale, Zenodo 10.5281/zenodo.20257498.

P2 - Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate

1. Identificazione del problema

Il presente studio tratta il Problema P2 nella formulazione canonica vigente: Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate. Il titolo storico “Topologia delle traiettorie $R(t)$ ” viene riconosciuto come etichetta archivistica precedente, ma non viene più adottato come forma tecnica rigorosa del problema, perché la scrittura $R(t)$, se non qualificata, può generare ambiguità con il tempo cosmologico t della CMDE e con la notazione storica del Trattato RT. Nel corpo del presente studio la traiettoria viene quindi indicata come $R_x(\tau)$ o, quando si adotta una coordinata log-temporale interna, come $R_x(s)$, dove x identifica il sistema interno e τ è il parametro interno dichiarato.

Il codice del problema è P2. Il titolo operativo vigente è “Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate”. Lo stato del problema, al momento dell’avvio della presente revisione, era quello di problema riaperto in revisione canonica, poiché una soluzione precedente esisteva già in forma storica ma richiedeva riallineamento alla disciplina notazionale del Corpus e alla chiusura canonica del P1. Con il presente studio, il P2 viene ricondotto a chiusura canonica. Il documento non deve dunque essere letto come una prima intuizione assoluta della topologia delle traiettorie, ma come revisione canonica dell’impianto esistente e sua collocazione nel ciclo teorico aggiornato della Fisica Informazionale.

Lo scopo generale del P2 è stabilire quando due traiettorie interne R_x possano essere considerate equivalenti, simili, distinte o appartenenti alla stessa famiglia topologica, indipendentemente da scala, offset e velocità locale di percorrenza, purché tali trasformazioni non alterino la forma informazionale essenziale della traiettoria. Il problema si colloca immediatamente dopo il P1 nella progressione teorica del Corpus. Il P1 stabilisce la relazione minima di propagazione tra trasformazione informazionale indicizzata, potenziale di attualizzazione e traiettoria interna; il P2 assume che una traiettoria R_x sia già stata definita, osservata, stimata o propagata, e chiede come classificarne la forma in modo controllabile.

La dipendenza diretta dal P1 è quindi essenziale ma limitata. Il P1 risponde alla domanda: in quali condizioni una variazione di z_x , mediata da Φ_x e κ_x , produce o vincola una variazione di R_x . Il P2 risponde a una domanda successiva: una volta ottenuta una traiettoria R_x , quale struttura topologica possiede, quali invarianti o descrittori la caratterizzano, quando somiglia a un’altra traiettoria e a quale famiglia morfologica appartiene.

2. Quadro vincolante e dipendenze dichiarate

Le basi normative principali del presente studio sono tre. La prima è la CMDE 4.1 canonica definitiva, che resta la sede esclusiva della funzione cosmologica $z(t)$ e del redshift informazionale nel tempo cosmologico t . La seconda è il Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali, che stabilisce il quadro genealogico e semantico entro cui tempo, trasformazione, irreversibilità, relazione e spazio rappresentazionale vengono trattati come condizioni di intelligibilità della Fisica Informazionale. La terza è il Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne, che fissa lo statuto di R_x

come grandezza interna indicizzata e non cosmologica, preferibilmente formulata in coordinata log-temporale interna.

Tra gli altri documenti fondativi e di supporto risultano particolarmente rilevanti la Dichiarazione di Nascita della Fisica Informazionale, il Glossario Ufficiale, l'Appendice Metrica, il Manuale Operativo, i Casi Studio, il Compendio Didattico, la Bibliografia Ragionata, il Codice Etico e la Relazione Integrativa, ciascuno nel proprio perimetro. La Dichiarazione di Nascita stabilisce il firewall tra dominio cosmologico e domini interni. Il Glossario norma la separazione tra $z_CMDE(t)$, $z_x(\tau)$, $R_x(\tau)$, $R_x(s)$ e $\Phi_x(\tau)$. L'Appendice Metrica e il Manuale Operativo forniscono le condizioni minime per usare grandezze interne in modo controllabile e riproducibile. I Casi Studio e il Compendio Didattico definiscono i contesti applicativi e didattici in cui la nuova tassonomia topologica potrà essere recepita senza trasformarsi in metafora non controllata.

Nel testo pubblicabile è necessario dichiarare soltanto le dipendenze teoriche realmente pertinenti. Per il P2, l'unica dipendenza progressiva necessaria è il P1. Non esistono, prima del P2, altri problemi risolti che costituiscano dipendenze cumulative indispensabili.

La compatibilità con la CMDE impone un vincolo non negoziabile: nel presente studio non si modifica $z(t)$, non si introduce alcuna nuova fase cosmologica, non si usa t come parametro interno di sistema e non si considera R_x una variabile della metrica cosmologica. Ogni eventuale collegamento tra una traiettoria interna e il dominio CMDE richiederebbe mappe esplicite, per esempio $t = T_x(\tau)$ e $z_x(\tau) = G_x(z_CMDE(T_x(\tau)))$, ma tali mappe non sono presupposte dal P2 e non sono necessarie alla sua risoluzione.

3. Introduzione del problema

Una traiettoria interna non è soltanto una sequenza di valori. Nella Fisica Informazionale, R_x descrive la continuità, la coerenza e la capacità riflessiva o integrativa di un sistema x lungo un parametro interno dichiarato. Quando si osserva o si costruisce $R_x(\tau)$, non interessa soltanto il valore che la traiettoria assume in un punto, ma il modo in cui essa attraversa il proprio dominio, cresce, decresce, si stabilizza, oscilla, si interrompe, ricorre, si impenna o attraversa fasi critiche. La forma della traiettoria diventa così una informazione di secondo ordine: non più soltanto quanto R_x vale, ma quale struttura temporale mostra.

Il P2 nasce esattamente da questa esigenza. Dopo avere stabilito, con il P1, una legge canonica minima di propagazione della traiettoria interna, occorre sapere come confrontare le traiettorie ottenute. Due sistemi possono avere scale diverse, durate diverse, valori assoluti non comparabili e protocolli di misura non identici, ma possono mostrare una stessa morfologia informazionale. Al contrario, due traiettorie vicine per ampiezza media possono appartenere a regimi profondamente diversi se una è monotona, una è ricorrente, una è multistabile e una è dominata da burst critici. Senza una topologia canonica, il Corpus disporrebbe di traiettorie ma non di una grammatica rigorosa per confrontarle.

Il problema è decisivo anche sul piano epistemologico. Una disciplina che intende parlare di sistemi biologici, simbolici, cognitivi, testuali, sociali o artificiali deve evitare due errori opposti. Il primo

errore sarebbe ridurre ogni traiettoria a un numero sintetico, perdendo la forma del processo. Il secondo sarebbe descrivere le forme con linguaggio impressionistico, privo di criteri di equivalenza e di controllo. Il P2 risolve questa tensione introducendo un livello intermedio: una morfologia topologica formalizzata, abbastanza rigorosa da essere verificabile e abbastanza flessibile da applicarsi a domini diversi, purché il sistema x , il parametro interno e il protocollo di costruzione di R_x siano dichiarati.

La topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate non pretende di sostituire le discipline di dominio. Non dice che una traiettoria biologica, una traiettoria simbolica e una traiettoria cognitiva siano la stessa cosa. Dice invece che, se ciascuna è stata formalizzata come R_x secondo regole dichiarate, allora alcune proprietà della loro forma possono essere confrontate in modo controllabile: numero e ordine delle transizioni, struttura dei tratti monotoni, persistenza dei picchi e delle valli, durata dei plateau, ricorrenza, intermittenza, intensità dei burst e distanza da prototipi morfologici.

Il P2 consolida quindi il Corpus perché trasforma R_x da semplice funzione interna a oggetto geometrico e topologico. La traiettoria diventa una forma classificabile, una classe di equivalenza, un profilo confrontabile e una base per futuri sviluppi multi-dominio.

4. Obiettivo della risoluzione

Risolvere il P2 significa ottenere cinque risultati canonici. Il primo è definire lo spazio delle traiettorie interne ammissibili, chiarendo quali funzioni $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$ possono essere trattate topologicamente e quali condizioni minime devono soddisfare. Il secondo è definire una relazione di equivalenza topologica interna che separi ciò che è morfologicamente rilevante da ciò che dipende da scala, offset, durata o velocità di percorrenza. Il terzo è introdurre invarianti topologici e descrittori morfologici normalizzati che permettano di descrivere una traiettoria senza ridurla a un singolo valore. Il quarto è costruire una distanza informazionale topologica normalizzata, capace di misurare similarità e differenza tra traiettorie in modo coerente con le simmetrie ammesse e con le condizioni metriche dichiarate. Il quinto è definire una tassonomia di famiglie canoniche di traiettorie interne, con regole di appartenenza, criteri di frontiera e gestione dei casi degeneri.

La risoluzione non richiede di imporre una formula universale per R_x . Questa sarebbe una violazione dello statuto del Trattato RT e dei documenti metrici del Corpus, perché R_x dipende dal sistema, dagli osservabili, dal protocollo e dal dominio. Il P2 non stabilisce come ogni R_x debba nascere; stabilisce come una R_x , una volta definita in modo lecito, debba essere trattata come forma topologica.

La chiusura del problema richiede anche una precisazione negativa: non è sufficiente elencare famiglie descrittive. Una tassonomia puramente narrativa non sarebbe una risoluzione canonica. Occorre invece che ciascuna famiglia sia definita da invarianti, descrittori, soglie o prototipi dichiarati, che le condizioni di appartenenza siano ricostruibili, che i casi di frontiera non siano nascosti e che la distanza di similarità sia calcolabile almeno in linea di principio su dati o funzioni disponibili.

Il problema può dirsi chiuso se il risultato consente a un operatore indipendente, dato lo stesso sistema x , lo stesso parametro interno, la stessa traiettoria R_x e lo stesso protocollo, di ricostruire la stessa firma topologica, ottenere distanze compatibili entro tolleranze dichiarate e assegnare la stessa famiglia o la stessa zona di frontiera.

5. Stato del problema e formulazione rigorosa

La formulazione storica del P2, centrata su “ $R(t)$ ”, conserva valore archivistico ma deve essere sostituita dalla formulazione seguente:

Dato un sistema interno x , un parametro interno ordinato τ appartenente a un intervallo J_x , una traiettoria interna $R_x: J_x \rightarrow \mathbb{R}$ o $R_x: S_x \rightarrow \mathbb{R}$ quando si usa una coordinata interna s , definire una topologia operativa sullo spazio delle traiettorie R_x , individuando equivalenze, invarianti, descrittori, distanze di similarità e famiglie morfologiche canoniche, in modo compatibile con il P1 e con la separazione tra dominio cosmologico e domini interni.

Il nucleo matematico del problema consiste nella costruzione di uno spazio quoziente di traiettorie modulo trasformazioni considerate non informative, nella definizione di invarianti robusti rispetto a tali trasformazioni e nella costruzione di una distanza o pseudometrica coerente. Il nucleo fisico-informazionale consiste nell’interpretare la forma della traiettoria come struttura del processo di coerenza interna del sistema, senza confonderla con contenuti psicologici, biologici, cosmologici o metafisici non definiti. Il nucleo epistemologico consiste nel fissare regole di confronto che impediscano sia l’arbitrarietà narrativa sia il falso universalismo metrico.

La formulazione canonica adottata nel presente studio è topologico-operativa. “Topologica” significa che l’interesse primario non è il valore assoluto di R_x in un punto, ma la struttura qualitativa stabile della traiettoria: ordine dei tratti monotoni, punti critici robusti, ramificazioni del merge tree, persistenza delle caratteristiche, plateau e burst. “Operativa” significa che tali proprietà devono essere calcolabili o almeno ricostruibili da un protocollo dichiarato, con soglie, normalizzazioni e criteri di rumore espliciti.

Si adottano quindi due livelli di classificazione. La classificazione forte assegna una traiettoria a una famiglia quando gli invarianti e i descrittori cadono in una regione dichiarata e lontana dai confini. La classificazione debole assegna una traiettoria alla famiglia più vicina rispetto a prototipi o centroidi dichiarati quando la traiettoria cade in zona di confine, in regime misto o in presenza di incertezza. Questa distinzione è necessaria perché una tassonomia rigorosa non deve fingere separazioni nette dove il dato o la forma presentano transizioni continue.

6. Postulati, definizioni fondamentali e notazione

Postulato P2.1, dominio interno. Ogni traiettoria trattata dal P2 appartiene a un sistema interno x dichiarato. La traiettoria non è una funzione cosmologica e non usa t come parametro salvo mappatura esplicita. La forma primaria è $R_x(\tau)$. Quando $\tau > 0$ e viene scelta una scala di riferimento $\tau_{ref,x}$, si può usare la coordinata log-temporale interna $s = \ln(\tau/\tau_{ref,x})$, e la traiettoria può essere scritta come $R_x(s)$.

Postulato P2.2, regolarità minima. La traiettoria R_x deve essere definita su un dominio ordinato compatto o finitamente campionato. Nel caso continuo si richiede almeno continuità a tratti, variazione totale finita e derivabilità a tratti quando si usano derivate. Nel caso discreto si richiede una sequenza ordinata di stati o valori $R_{x,k}$, con $k = 0, 1, \dots, n$, e una regola di interpolazione o di trattamento discreto dichiarata.

Postulato P2.3, non assolutezza dell'ampiezza. Trasformazioni affini positive dell'ampiezza, nella forma $R_x \rightarrow a R_x + b$ con $a > 0$ e b reale, non alterano la forma informazionale essenziale della traiettoria quando l'analisi riguarda solo topologia e morfologia. Esse possono essere rilevanti in altri studi, ma sono quozientate nel P2.

Postulato P2.4, non assolutezza della velocità di percorrenza. Riparametrizzazioni monotone del parametro interno, nella forma $\tau \rightarrow \varphi(\tau)$, con φ strettamente crescente e sufficientemente regolare, non alterano la forma topologica della traiettoria quando preservano l'ordine degli eventi interni. Ciò non significa che il ritmo sia sempre irrilevante; significa che il P2 separa la forma topologica della traiettoria dalla sua velocità di attraversamento. Quando il ritmo è oggetto di studio, esso deve essere dichiarato come descrittore aggiuntivo e non come componente implicita della topologia.

Postulato P2.5, compatibilità con il P1. La traiettoria R_x può essere ottenuta, propagata o vincolata secondo la relazione canonica del P1, $dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$, ma il P2 non modifica tale relazione. Il P2 lavora sulla traiettoria risultante e ne classifica la forma.

Si definisce traiettoria interna ammissibile una funzione $R_x: J_x \rightarrow \mathbb{R}$, dove J_x è un intervallo interno ordinato, oppure una sequenza $R_{x,k}$ su una griglia ordinata, tale che siano dichiarati il sistema x , il parametro o indice interno, la procedura di costruzione o osservazione di R_x , le eventuali normalizzazioni e i limiti di validità.

Si definisce normalizzazione affine canonica della traiettoria, indicata come $N(R_x)$, una trasformazione che rimuove offset e scala positiva. Nei casi non degeneri si può usare, per esempio, $N(R_x)(u) = (R_x(u) - \min R_x) / (\max R_x - \min R_x)$, ottenendo valori in $[0,1]$. Nei casi in cui $\max R_x = \min R_x$, la traiettoria è costante o indistinguibile dal plateau totale e viene trattata come caso degenero specifico.

Si definisce gruppo delle riparametrizzazioni interne ammissibili, indicato come Γ_x , l'insieme delle funzioni $\gamma: [0,1] \rightarrow [0,1]$ strettamente crescenti, continue, con $\gamma(0) = 0$ e $\gamma(1) = 1$, e sufficientemente regolari quando si usano derivate. Nel caso discreto, Γ_x è sostituito da allineamenti monotoni che preservano l'ordine degli indici.

Si definisce punto critico robusto un punto interno del dominio in cui la traiettoria cambia monotonia in modo stabile rispetto alla soglia di rumore, alla persistenza minima o alla tolleranza dichiarata. I punti critici non robusti, prodotti da oscillazioni inferiori alla soglia di risoluzione, non entrano nella firma canonica salvo che il protocollo dichiari un'analisi fine del rumore.

Si definisce firma topologica di R_x , indicata come $\Sigma(R_x)$, l'insieme strutturato degli elementi che descrivono la sua forma: numero di punti critici robusti, parola di monotonia, diagramma di persistenza, merge tree o struttura equivalente di livelli, indici di plateau, ricorrenza, burst, variazione totale normalizzata e vettore di invarianti e descrittori morfologici.

7. Sviluppo teorico e risoluzione formale

7.1 Spazio delle traiettorie interne

Per ogni sistema x si consideri uno spazio T_x di traiettorie interne ammissibili. Un elemento di T_x è una traiettoria R_x definita su un dominio ordinato J_x . Per confrontare traiettorie appartenenti a sistemi diversi, oppure traiettorie dello stesso sistema osservate su intervalli differenti, si introduce una normalizzazione del dominio in $[0,1]$. Questa normalizzazione non identifica i sistemi, ma consente di confrontare le forme dopo avere esplicitato che il confronto riguarda la morfologia topologica, non l'uguaglianza fisica o causale dei processi.

Se R_x è continua e non degenera, si lavora con la rappresentante normalizzata $r_x(u)$, con u in $[0,1]$, ottenuta componendo la traiettoria con una riparametrizzazione interna ammessa e applicando normalizzazione affine positiva all'ampiezza. Se R_x è discreta, si lavora con una sequenza normalizzata $r_{x,k}$ e, quando necessario, con una interpolazione dichiarata. La scelta dell'interpolazione non deve introdurre punti critici artificiali non presenti nel dato; per questo, in caso di dati discreti, la firma topologica primaria deve restare ricostruibile anche direttamente sulla sequenza.

Lo spazio canonico del P2 non è quindi lo spazio grezzo delle funzioni, ma lo spazio delle classi di traiettorie modulo trasformazioni non informative. Tale spazio può essere indicato come $Q_x = T_x / \sim$, dove $\sim$ è la relazione di equivalenza topologica interna definita nella sezione seguente.

7.2 Equivalenza topologica interna

Due traiettorie interne R_x e R_y , appartenenti eventualmente a sistemi diversi x e y , sono topologicamente equivalenti nel senso del P2 se, dopo normalizzazione affine positiva dell'ampiezza e riparametrizzazione monotona del dominio, conservano la stessa struttura critica robusta. In forma lineare:

$R_x \sim T R_y$ se esistono $a > 0$, b reale e γ appartenente a Γ tali che la traiettoria a $R_y(\gamma(u)) + b$ possiede, rispetto a $R_x(u)$, lo stesso numero di punti critici robusti, lo stesso ordine dei massimi e minimi, la stessa parola di monotonia e un merge tree isomorfo, entro la tolleranza dichiarata dal protocollo.

La parola di monotonia è la sequenza dei segni dei tratti regolari della derivata o delle differenze discrete. Per esempio, una traiettoria monotona crescente ha parola $[+]$, una traiettoria con un picco ha parola $[+, -]$, una traiettoria con una valle ha parola $[-, +]$, una traiettoria oscillatoria ha una sequenza alternata più lunga. La parola di monotonia da sola non basta sempre a distinguere forme diverse, perché non misura la persistenza dei punti critici; per questo viene integrata con il diagramma di persistenza e con il merge tree.

Il merge tree, o struttura di fusione dei livelli, rappresenta il modo in cui le componenti degli insiemi di livello o sub-livello si generano e si connettono al variare della soglia. Nel caso di una funzione reale su intervallo, questa struttura cattura i picchi, le valli e le loro relazioni gerarchiche. Due traiettorie con lo stesso numero di estremi ma con persistenze profondamente diverse possono essere debolmente equivalenti per parola di monotonia ma non fortemente equivalenti per firma topologica completa.

Si distinguono quindi tre gradi:

Equivalenza debole: stessa parola di monotonia robusta.

Equivalenza strutturale: stessa parola di monotonia e merge tree isomorfo.

Equivalenza forte: stessa firma topologica entro tolleranze dichiarate, inclusi diagramma di persistenza, merge tree e descrittori normalizzati dichiarati.

La relazione canonica del P2 è l'equivalenza strutturale; l'equivalenza debole è utile per classificazioni preliminari, mentre l'equivalenza forte è utile per confronti ad alta precisione. La distinzione evita di confondere una somiglianza qualitativa di andamento con una equivalenza piena di forma topologica.

7.3 Invarianti topologici e descrittori morfologici normalizzati

La risoluzione canonica del P2 richiede una distinzione terminologica rigorosa. Nel presente studio il termine “invariante” non viene usato in modo indifferenziato. Alcuni oggetti hanno statuto di invarianti topologici forti, perché restano preservati sotto trasformazioni affini positive, riparametrazioni monotone ammissibili e identificazione del quoziente, entro le tolleranze dichiarate. Rientrano in questa classe la struttura critica robusta, la parola di monotonia robusta, il merge tree, il diagramma di persistenza e il numero di caratteristiche topologiche robuste dopo soglia.

Altre quantità, come plateau ratio Π , burst index B , entropia di ricorrenza H_{rec} , densità dei cambi di monotonia SC e variazione totale normalizzata V , non sono invarianti topologici assoluti sotto ogni possibile riparametrazione monotona arbitraria. Esse sono più correttamente descrittori morfologici normalizzati. Diventano invarianti operativi solo rispetto al protocollo dichiarato, alla normalizzazione adottata, alle soglie fissate, alla classe di riparametrazioni ammessa e alla risoluzione del dato. Questa distinzione è necessaria per rendere il P2 inattaccabile sul piano matematico: il Corpus non attribuisce statuto topologico forte a quantità che dipendono dal protocollo di misura, ma le usa come descrittori controllati della morfologia della traiettoria.

Gli invarianti topologici e i descrittori morfologici non sostituiscono la traiettoria, ma costruiscono una firma sintetica controllabile.

Il primo oggetto canonico è $K(R_x)$, numero di punti critici robusti interni. Esso conta massimi e minimi locali che superano la soglia di persistenza o di ampiezza minima dichiarata. Nel caso

discreto, K viene calcolato sui cambi di segno delle differenze finite, dopo eventuale filtraggio dichiarato. K ha statuto topologico operativo quando la nozione di robustezza è fissata dal protocollo.

Il secondo oggetto è $M(R_x)$, numero di rami monotoni robusti. In assenza di degenerazioni e plateau interni, $M(R_x) = K(R_x) + 1$. In presenza di plateau estesi, i rami piatti vengono trattati come segmenti specifici e non come oscillazioni spurie.

Il terzo oggetto è $\Pi(R_x)$, plateau ratio. Esso misura la frazione del dominio interno in cui la traiettoria è quasi stazionaria. Nel caso continuo, $\Pi(R_x) = \text{misura}\{u: |dr_x/du| \leq \varepsilon_x\} / \text{misura}([0,1])$, dove ε_x è una soglia dichiarata o ricavata da criteri robusti. Nel caso discreto, Π è la frazione di intervalli in cui $|r_{x,k+1} - r_{x,k}|$ resta sotto soglia. Π è un descrittore morfologico normalizzato, non un invariante topologico assoluto.

Il quarto oggetto è $SC(R_x)$, densità dei cambi di monotonia. Esso misura la frequenza normalizzata delle inversioni robuste della traiettoria. Può essere definito come $SC(R_x) = K(R_x)/(K(R_x) + 1)$ oppure, nei protocolli più dettagliati, come numero di cambi robusti per unità di dominio interno normalizzato. SC è un descrittore operativo della complessità morfologica.

Il quinto oggetto è $P(R_x)$, persistenza topologica normalizzata. Essa deriva dal diagramma di persistenza della traiettoria normalizzata e misura quanto siano stabili le caratteristiche topologiche dominanti. Una traiettoria con molti picchi minimi prodotti dal rumore avrà bassa persistenza media o bassa persistenza dominante; una traiettoria con una struttura critica forte avrà persistenze più alte. P appartiene al nucleo topologico forte quando è ricavata da diagrammi di persistenza costruiti con protocollo dichiarato.

Il sesto oggetto è $B(R_x)$, burst index. Esso misura la quota di dominio in cui la traiettoria presenta variazioni improvvise e intense. Una definizione operativa continua è $B(R_x) = \text{misura}\{u: |dr_x/du| \geq \theta_1 \text{ e, se definita, } |d^2r_x/du^2| \geq \theta_2\} / \text{misura}([0,1])$, con soglie θ_1 e θ_2 dichiarate. Nel discreto, B si calcola mediante incrementi e accelerazioni finite. B è un descrittore morfologico normalizzato e deve essere interpretato solo entro il protocollo che definisce soglie e regolarizzazione.

Il settimo oggetto è $H_{\text{rec}}(R_x)$, entropia di ricorrenza normalizzata. Essa misura il grado di ricorrenza strutturata della traiettoria in uno spazio di embedding temporale o sequenziale dichiarato. Valori bassi indicano ricorrenza ordinata o quasi-periodicità; valori alti indicano assenza di ricorrenza semplice o maggiore dispersione delle configurazioni. H_{rec} non è un invariante topologico assoluto; è un descrittore operativo della ricorrenza.

L'ottavo oggetto, facoltativo ma raccomandato, è $V(R_x)$, variazione totale normalizzata. Esso misura la lunghezza trasformativa complessiva della traiettoria rispetto alla sua ampiezza normalizzata. Una traiettoria monotona non degenera ha variazione totale minima compatibile con l'escursione; una traiettoria oscillatoria o intermittente ha variazione totale più alta. Anche V è un descrittore morfologico, non un assoluto topologico indipendente da ogni scelta di parametrizzazione.

Il vettore canonico minimo può essere scritto come:

$$I_T(R_x) = (K, M, \Pi, SC, P, B, H_rec, V)$$

In senso rigoroso, I_T deve essere letto come vettore di firma topologico-morfologica, composto da invarianti forti e descrittori normalizzati. Non tutti gli studi applicativi devono usare necessariamente tutte le componenti, ma ogni omissione deve essere dichiarata. Per usi didattici o qualitativi controllati può bastare una firma ridotta; per usi comparativi o riproducibili è raccomandata la firma completa.

7.4 Distanza informazionale topologica

La distanza informazionale topologica tra due traiettorie, indicata come $d_T(R_x, R_\gamma)$, combina tre componenti: distanza di forma, distanza topologica e distanza sugli invarianti e descrittori dichiarati.

La distanza di forma d_F misura quanto due traiettorie normalizzate debbano essere deformate nel dominio interno per allinearsi. Una realizzazione possibile è il quadro SRVF, nel quale si associa a una traiettoria normalizzata $r(u)$ la rappresentazione $q_r(u) = \text{sign}(r'(u)) \sqrt{|r'(u)|}$, quando la derivata è definita. Nel caso discreto si usa l'analogo sulle differenze finite. La distanza di forma è quindi l'infimum, rispetto alle riparametizzazioni monotone γ , della norma L^2 tra q_r e q_s composto con γ e pesato da $\sqrt{\gamma'}$. In forma lineare:

$$d_F(R_x, R_\gamma) = \inf_\gamma \| q_x(u) - q_\gamma(\gamma(u)) \sqrt{\gamma'(u)} \|_2$$

Il valore viene normalizzato in $[0,1]$ mediante un fattore di scala dichiarato. Quando SRVF non è adatto, si può usare un allineamento dinamico monotono o altra distanza elastica dichiarata, purché rispetti l'ordine interno e non introduca inversioni temporali.

La distanza topologica d_P confronta i diagrammi di persistenza o i merge tree associati alle traiettorie normalizzate. Una scelta canonica è la distanza bottleneck normalizzata tra diagrammi di persistenza. In forma lineare:

$$d_P(R_x, R_\gamma) = \text{norm}(W_\infty(D(R_x), D(R_\gamma)))$$

dove $D(R_x)$ è il diagramma di persistenza e norm indica la normalizzazione in $[0,1]$ secondo un diametro o una scala dichiarata.

La distanza sugli invarianti e descrittori d_I confronta i vettori $I_T(R_x)$ e $I_T(R_\gamma)$. Una forma semplice è la distanza L^1 media:

$$d_I(R_x, R_\gamma) = (1/m) \sum_i |I_i(R_x) - I_i(R_\gamma)|$$

quando le componenti sono normalizzate in $[0,1]$ e m è il numero di componenti usate. Poiché I_T contiene sia invarianti topologici forti sia descrittori morfologici dipendenti dal protocollo, d_I deve

essere interpretata come distanza operativa di firma, non come distanza topologica pura in senso stretto.

La distanza complessiva è:

$$d_T(R_x, R_y) = \lambda_F d_F(R_x, R_y) + \lambda_P d_P(R_x, R_y) + \lambda_I d_I(R_x, R_y)$$

con $\lambda_F \geq 0$, $\lambda_P \geq 0$, $\lambda_I \geq 0$ e $\lambda_F + \lambda_P + \lambda_I = 1$. Una scelta equilibrata, valida come default operativo ma non obbligatoria, è $\lambda_F = 0,4$, $\lambda_P = 0,4$, $\lambda_I = 0,2$. Ogni applicazione può modificare i pesi se dichiara la motivazione e mantiene confronti solo all'interno dello stesso schema di pesatura.

La distanza d_T è una pseudometrica sui rappresentanti grezzi, perché traiettorie diverse per scala, offset o riparametrizzazione possono avere distanza zero dopo il quoziente. Diventa una metrica operativa sullo spazio quoziente delle traiettorie quando le trasformazioni non informative sono identificate e quando le componenti scelte soddisfano le condizioni metriche richieste. Questa precisazione è canonica: il P2 non sostiene che ogni combinazione pratica sia automaticamente una metrica forte su ogni spazio grezzo; sostiene che, sotto le condizioni dichiarate, d_T fornisce una misura controllabile di dissimilarità topologico-morfologica.

La similarità informazionale topologica è definita come:

$$\text{sim_T}(R_x, R_y) = 1 - d_T(R_x, R_y)$$

se d_T è normalizzata in $[0,1]$. Valori prossimi a 1 indicano forte similarità morfologica; valori prossimi a 0 indicano distanza topologico-morfologica alta secondo il protocollo scelto. Se d_T non è stata normalizzata in $[0,1]$, la formula $\text{sim_T} = 1 - d_T$ non è ammessa senza ulteriore trasformazione di scala.

7.5 Famiglie topologiche canoniche

La tassonomia canonica del P2 introduce cinque famiglie principali, indicate come F_1 , F_2 , F_3 , F_4 e F_5 . L'uso delle etichette storiche R_1 - R_5 è ammissibile solo in contesti archivistici o didattici, purché sia chiarito che non si tratta di nuove grandezze R , ma di famiglie di forma. La notazione canonica preferibile è F , proprio per non confondere la famiglia con la traiettoria R_x .

F_1 - Famiglia monotona coerente. Appartengono a F_1 le traiettorie con $K(R_x) = 0$, parola di monotonia costante e assenza di plateau dominante totale, salvo il caso limite della traiettoria costante. La forma F_1 rappresenta un processo di coerenza interna che cresce o decresce senza inversioni robuste. Può descrivere stabilizzazione progressiva, decadimento ordinato o transizione unidirezionale.

F_2 - Famiglia finitamente critica o unimodale-estesa. Appartengono a F_2 le traiettorie con numero piccolo di punti critici robusti, $1 \leq K(R_x) \leq K_0$, e con una o poche caratteristiche persistenti dominanti. La forma tipica è un picco, una valle, o un numero limitato di oscillazioni strutturate.

Questa famiglia descrive processi di emersione, crisi circoscritta, rilassamento o riorganizzazione finita.

F₃ - Famiglia oscillatoria ricorrente. Appartengono a F₃ le traiettorie con $K(R_x) > K_0$, ricorrenza strutturata e H_{rec} inferiore a una soglia H_0 , oppure con pattern quasi-periodici riconoscibili secondo embedding e criteri dichiarati. Questa famiglia rappresenta sistemi che non si limitano a una transizione isolata, ma attraversano cicli, ritorni, modulazioni o alternanze coerenti.

F₄ - Famiglia multistabile a plateau. Appartengono a F₄ le traiettorie con plateau ratio $\Pi(R_x)$ superiore a una soglia Π_0 e con permanenza prolungata in regimi quasi stazionari, eventualmente separati da transizioni brevi. La forma F₄ rappresenta stabilità temporanea, metastabilità, mantenimento di configurazioni, blocchi o stasi metriche non necessariamente patologiche.

F₅ - Famiglia burst-critica o intermittente. Appartengono a F₅ le traiettorie con burst index $B(R_x)$ superiore a una soglia B_0 , incrementi localizzati intensi o code pesanti nella distribuzione delle variazioni, secondo criteri dichiarati. Questa famiglia descrive traiettorie dominate da eventi brevi e ad alta intensità, riorganizzazioni rapide, discontinuità operative o transizioni critiche.

Le famiglie sono progettate come regioni operative nello spazio della firma topologico-morfologica, non come essenze ontologiche. Per evitare sovrapposizioni arbitrarie, il protocollo canonico prevede un ordine decisionale dichiarato. Quando una traiettoria soddisfa simultaneamente più condizioni, si applica prima il criterio di dominanza critica, poi quello di plateau, poi quello di monotonia, poi quello di finitezza critica, poi quello di ricorrenza. Un ordine operativo possibile è:

se $B(R_x) \geq B_0$ e gli eventi impulsivi sono dominanti, assegnare F₅;

altrimenti, se $\Pi(R_x) \geq \Pi_0$, assegnare F₄;

altrimenti, se $K(R_x) = 0$, assegnare F₁;

altrimenti, se $1 \leq K(R_x) \leq K_0$ e la persistenza dominante è concentrata in poche coppie critiche, assegnare F₂;

altrimenti, se $K(R_x) > K_0$ e $H_{rec}(R_x) \leq H_0$, assegnare F₃;

altrimenti, dichiarare traiettoria mista, transizionale o di frontiera e usare la classificazione debole per distanza dai prototipi.

Questa regola non nega l'esistenza di traiettorie ibride. Al contrario, le rende visibili. Il P2 non obbliga ogni traiettoria reale a cadere con nettezza in una famiglia pura; stabilisce un metodo per distinguere appartenenza forte, appartenenza debole e condizione di frontiera.

7.6 Prototipi e distanza di famiglia

Per ogni famiglia F_k si definisce un prototipo p_k o un insieme di prototipi P_k . Il prototipo di F_1 è una traiettoria monotona normalizzata. Il prototipo di F_2 è una traiettoria con un picco o una valle persistente. Il prototipo di F_3 è una traiettoria oscillatoria ricorrente con pattern regolare o quasi regolare. Il prototipo di F_4 è una traiettoria a plateau multipli con transizioni smussate. Il prototipo di F_5 è una traiettoria con base lenta e burst localizzati.

La distanza di R_x dalla famiglia F_k è:

$$\text{dist_Fk}(R_x) = \inf_{p \in P_k} d_T(R_x, p)$$

Se si usa un singolo prototipo, la formula si riduce a:

$$\text{dist_Fk}(R_x) = d_T(R_x, p_k)$$

La similarità di famiglia è:

$$\text{sim_Fk}(R_x) = 1 - \text{dist_Fk}(R_x)$$

La classificazione forte si basa sulle regioni della firma topologico-morfologica. La classificazione debole o di frontiera assegna R_x alla famiglia con massima sim_Fk , accompagnando l'esito con un coefficiente di margine:

$$\text{margine}(R_x) = \text{sim_Fmax}(R_x) - \text{sim_Fseconda}(R_x)$$

Un margine alto indica assegnazione robusta. Un margine basso indica zona di confine o morfologia ibrida.

7.7 Certificato canonico di classificazione

Ogni classificazione P2 deve produrre un certificato minimo. Il certificato contiene: identificativo del sistema x ; definizione del parametro interno τ o della coordinata s ; descrizione del protocollo di costruzione di R_x ; eventuale relazione con P1, se R_x è stata propagata da z_x , Φ_x e κ_x ; metodo di normalizzazione; soglie usate per punti critici, plateau, burst e rumore; firma topologica $\Sigma(R_x)$; vettore $I_T(R_x)$; famiglia assegnata; tipo di assegnazione, forte o debole; distanze dai prototipi; margine decisionale; limiti e condizioni di riproducibilità.

Senza certificato, l'uso delle famiglie F_1 - F_5 resta descrittivo e non deve essere presentato come classificazione metrica. Con certificato, la classificazione diventa ricostruibile e confrontabile.

8. Condizioni di consistenza, casi limite e implicazioni operative

La prima condizione di consistenza è la dichiarazione del dominio. Non esiste topologia canonica di una traiettoria interna senza sistema x e senza parametro interno. Ogni uso di $R(t)$ come forma generale deve essere corretto in $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$, salvo citazione storica chiaramente marcata.

La seconda condizione è la compatibilità con P1. Se R_x deriva da una propagazione, devono essere dichiarati z_x , Φ_x e κ_x . Se R_x è stimata direttamente da un protocollo di coerenza, il P2 può essere applicato anche senza ricostruire la propagazione P1, purché il protocollo di R_x sia dichiarato. In entrambi i casi, il P2 non autorizza deduzioni retroattive arbitrarie su z_x o Φ_x a partire dalla sola forma di R_x .

La terza condizione è la gestione della regolarità. Derivate, burst e plateau richiedono regolarità o una procedura discreta equivalente. Se i dati sono rumorosi, il protocollo deve distinguere oscillazioni robuste da rumore. Se non è possibile farlo, si deve ridurre il grado di classificazione o dichiarare l'esito come qualitativo.

Il caso limite della traiettoria costante, $R_x(\tau) = c$, richiede attenzione. Dal punto di vista della normalizzazione affine, il range è nullo. Tale traiettoria non può essere normalizzata con divisione per max-min. Essa viene trattata come plateau totale degenera. Se il valore costante corrisponde a coerenza nulla o assenza di circuito riflessivo, l'interpretazione dipende dal Trattato RT e dal protocollo di R_x ; topologicamente, la traiettoria appartiene al bordo di F_4 , non a una monotonia F_1 ordinaria.

Il caso della traiettoria quasi costante ma rumorosa non deve essere confuso con oscillazione ricorrente. Se le oscillazioni non superano le soglie di robustezza, la firma deve restare di plateau o di stasi metrica. Se invece le oscillazioni superano le soglie e mostrano ricorrenza, la traiettoria può essere F_3 .

Il caso della traiettoria con singolo salto brusco può essere F_4 o F_5 a seconda della dominanza del plateau o del burst. Se la traiettoria resta a lungo in due stati quasi stazionari separati da transizione, F_4 è dominante. Se l'evento impulsivo domina la misura e produce concentrazione estrema della variazione, F_5 è dominante.

Il caso della traiettoria con molti estremi ma senza ricorrenza ordinata non deve essere automaticamente assegnato a F_3 . Può essere una traiettoria complessa non ricorrente, una forma mista o un regime da rinviare a problemi successivi sul caos informativo. Il P2 non deve anticipare una teoria generale del caos informativo; deve limitarsi a classificare la morfologia disponibile e dichiarare quando la ricorrenza non è stabilita.

Il caso della riparametrizzazione non monotona non è ammesso. Una mappa che inverte l'ordine interno degli eventi altera la traiettoria e non può essere trattata come simmetria topologica del P2. Questo è essenziale per preservare l'irreversibilità informativa e la tracciabilità temporale del sistema.

Le implicazioni operative sono dirette. Il P2 consente di confrontare traiettorie interne tra sistemi diversi senza presupporre che i sistemi siano identici. Consente di classificare traiettorie in famiglie morfologiche. Consente di misurare similarità tra percorsi di coerenza. Consente di distinguere stabilità, oscillazione, plateau e burst. Consente inoltre di costruire dataset comparativi di traiettorie R_x , purché ogni traiettoria sia accompagnata da protocollo e certificato.

9. Confronti con la fisica classica, quantistica e altri modelli

Il P2 dialoga naturalmente con la teoria dei sistemi dinamici, ma non coincide con essa. Nella fisica classica, una traiettoria è spesso soluzione di un'equazione del moto in uno spazio di fase. Qui, invece, R_x è una grandezza interna di coerenza informazionale, e la topologia riguarda la forma della sua evoluzione, non necessariamente la dinamica causale completa del sistema. Le famiglie F_1 - F_5 possono ricordare regimi noti: monotonia verso attrattori, oscillazioni, metastabilità, intermittenza. Tuttavia, il P2 non assume equazioni dinamiche universali; assume solo traiettorie interne definite da protocollo.

Il rapporto con la meccanica quantistica è indiretto. Il P2 non interpreta R_x come funzione d'onda, ampiezza quantistica, probabilità di collasso o misura quantistica. Tuttavia, in futuri raccordi con la teoria quantistica dell'informazione, la topologia delle traiettorie interne potrà fornire un linguaggio per descrivere la forma dei processi di attualizzazione o decoerenza informazionale, sempre a condizione che le grandezze siano mappate esplicitamente e senza analogie libere.

Il rapporto con la teoria dell'informazione è più vicino ma comunque non riduttivo. Entropia, compressione, ricorrenza e persistenza possono entrare come strumenti di descrizione, ma R_x non è identica all'entropia di Shannon, alla mutua informazione o a una misura di complessità computazionale. Il P2 usa strumenti informazionali per descrivere la forma di una traiettoria di coerenza, non per ridurre ogni coerenza a una singola quantità entropica.

Il rapporto con la topological data analysis è metodologico. Diagrammi di persistenza, merge tree, distanze bottleneck e Wasserstein sono strumenti matematici utili per stabilizzare la lettura delle forme. Nel Corpus, però, essi non valgono come autorità esterna che sostituisce la definizione di R_x ; valgono come tecniche di lettura topologica applicate a traiettorie interne già definite.

Il rapporto con la CMDE è di compatibilità e separazione. La CMDE 4.1 definisce $z(t)$ nel dominio cosmologico. Il P2 definisce la topologia di R_x nei domini interni. Non c'è alcuna sostituzione, alcuna retroazione e alcuna conversione implicita. L'unico raccordo ammissibile è quello già previsto dal Corpus: mapping esplicito, motivato e limitato tra dominio cosmologico e dominio interno, qualora un futuro studio ne abbia necessità.

10. Interpretazioni filosofiche e narrative

Il P2 introduce una idea semplice e potente: una traiettoria non è solo un valore che cambia, ma una forma che conserva memoria del proprio modo di cambiare. Nella Fisica Informazionale, questa forma è decisiva perché la coerenza non si manifesta soltanto come presenza puntuale, ma come continuità, ritorno, arresto, crisi, stabilizzazione o riorganizzazione. La topologia delle traiettorie interne è quindi la grammatica della forma temporale della coerenza.

Una traiettoria F_1 racconta una coerenza che attraversa il proprio dominio senza inversioni robuste. Una traiettoria F_2 racconta una emersione o una crisi finita. Una traiettoria F_3 racconta un ritorno, una modulazione, una periodicità interna o una ricorrenza riconoscibile. Una traiettoria F_4 racconta la permanenza, la soglia, il mantenimento, il passaggio tra stati stabili. Una traiettoria F_5 racconta l'evento critico, la frattura rapida, la discontinuità operativa o la riorganizzazione concentrata.

Queste letture non sono sostituti della formalizzazione. Sono il loro significato interpretativo. La tassonomia F_1 - F_5 non attribuisce coscienza, valore, destino o intenzionalità a un sistema. Essa descrive come la traiettoria di coerenza si dispone nel proprio tempo interno. Il contenuto del sistema resta dominio-specifico; la forma della traiettoria diventa invece confrontabile.

Sul piano epistemologico, il P2 rafforza una tesi centrale del Corpus: l'informazione non è solo quantità, ma struttura trasformativa. Due processi possono avere uguale ampiezza e diversa forma; possono avere valori medi simili e topologie incompatibili; possono sembrare diversi localmente e appartenere alla stessa famiglia morfologica. La topologia permette di leggere ciò che il valore puntuale non mostra.

In questo senso, il P2 è un passaggio di maturazione della Fisica Informazionale. Dopo avere definito grandezze e relazioni, il Corpus acquisisce una morfologia interna: una scienza delle forme di traiettoria.

11. Metodologia operativa canonica

L'applicazione del P2 segue una procedura in dieci passaggi.

Primo: dichiarare il sistema x , i suoi confini, il dominio di osservazione e il parametro interno τ . Se si usa s , dichiarare $\tau_{ref,x}$ e verificare $\tau > 0$.

Secondo: dichiarare come viene ottenuta R_x . Essa può derivare da un protocollo diretto di coerenza, da una propagazione secondo P1 o da una ricostruzione su dati esistenti. In ogni caso, il metodo deve essere documentato.

Terzo: normalizzare il dominio in $[0,1]$ preservando l'ordine interno. Non sono ammesse riparametrizzazioni che invertano o rimescolino gli eventi.

Quarto: normalizzare l'ampiezza con trasformazione affine positiva, salvo casi degeneri di range nullo, che devono essere trattati separatamente.

Quinto: stimare la regolarità della traiettoria, il rumore e le soglie minime di robustezza. Nessun punto critico deve essere contato senza soglia o criterio.

Sesto: estrarre la firma topologica: punti critici, rami monotoni, parola di monotonia, diagramma di persistenza, eventuale merge tree.

Settimo: calcolare gli invarianti e descrittori I_T : K , M , Π , SC , P , B , H_{rec} , V , oppure dichiarare una firma ridotta.

Ottavo: calcolare le distanze d_F , d_P , d_I e la distanza composita d_T rispetto ad altre traiettorie o ai prototipi di famiglia.

Nono: assegnare la famiglia F_1 - F_5 mediante criteri forti o, in caso di frontiera, mediante similarità ai prototipi, riportando il margine decisionale.

Decimo: produrre il certificato di classificazione, includendo limiti, soglie, pesi, incertezze e condizioni di riproducibilità.

Questa metodologia consente al P2 di essere usato come strumento tecnico e non come semplice schema descrittivo.

12. Conclusione ufficiale di risoluzione

Il Problema P2, nella sua formulazione canonica vigente come Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate, risulta risolto e chiuso in revisione canonica.

La risoluzione stabilisce che l'oggetto corretto del problema non è la traiettoria storica $R(t)$, ma la traiettoria interna indicizzata $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$, con sistema x e parametro interno dichiarati. Stabilisce inoltre che la forma storica $R(t)$ può essere conservata solo come etichetta archivistica o notazione narrativa controllata, mai come forma rigorosa generale del problema.

Il presente studio definisce lo spazio delle traiettorie interne ammissibili, la relazione di equivalenza topologica interna, la firma topologica $\Sigma(R_x)$, il vettore di firma topologico-morfologica $I_T(R_x)$, la distanza informazionale topologica d_T , la similarità sim_T e la tassonomia canonica in cinque famiglie F_1 - F_5 . Definisce inoltre le condizioni di appartenenza forte, appartenenza debole, zona di frontiera, caso degenerare e certificato operativo di classificazione.

La soluzione è compatibile con il P1, che resta la sede della legge di propagazione $dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$, e ne costituisce il passo successivo: non stabilisce come la traiettoria venga generata, ma come debba essere confrontata e classificata una volta definita. La soluzione è compatibile con la CMDE 4.1 perché non modifica $z(t)$, non usa t come parametro interno e non trasferisce proprietà cosmologiche alle traiettorie interne. È compatibile con il Trattato RT perché conserva R_x come grandezza interna indicizzata e non cosmologica.

Con il P2, il Corpus acquisisce una topologia canonica delle traiettorie interne: uno strumento stabile per riconoscere forme, misurare similarità, distinguere regimi e preparare i futuri sviluppi multi-dominio della Fisica Informazionale.

13. Verifica integrata finale

La verifica matematica mostra che la soluzione distingue correttamente tra traiettorie grezze e classi di equivalenza. Le trasformazioni affini positive e le riparametrizzazioni monotone sono trattate come simmetrie della morfologia topologica, non come identità fisiche assolute. La distanza d_T è definita come combinazione pesata di componenti normalizzate; viene qualificata correttamente come pseudometrica sui rappresentanti grezzi e come metrica operativa sul quoziente quando le condizioni metriche delle componenti sono soddisfatte. Questa formulazione evita l'errore di dichiarare metrica universale ciò che può diventare pseudometrico in presenza di degenerazioni.

La verifica matematica mostra inoltre che il termine “invariante” viene usato in modo controllato. Gli oggetti topologici forti, come struttura critica robusta, merge tree e diagrammi di persistenza, sono separati dai descrittori morfologici normalizzati, come Π , B , SC , H_{rec} e V , che dipendono da protocollo, soglie, normalizzazione e classe di riparametrizzazioni ammesse. Questa distinzione elimina una possibile vulnerabilità formale e rende il P2 più robusto rispetto a letture matematicamente restrittive.

La verifica fisico-informazionale mostra che R_x non viene trasformata in grandezza cosmologica, non viene confusa con $z_{CMDE}(t)$ e non viene usata come contenuto soggettivo immediato. Il P2 classifica la forma della traiettoria, non l'ontologia del sistema. Il rapporto con P1 è rispettato: P1 definisce una legge di propagazione; P2 definisce una topologia di traiettoria.

La verifica logica mostra che le famiglie F_1 - F_5 non sono presentate come categorie assolute prive di confini, ma come regioni operative nello spazio della firma topologico-morfologica. I casi di frontiera sono dichiarati e gestiti mediante similarità ai prototipi e margine decisionale. I casi degeneri, rumorosi, discreti, misti o non sufficientemente regolari sono esplicitamente qualificati.

La verifica filosofica mostra che il testo conserva il respiro interpretativo senza trasformare la tassonomia in teleologia. Plateau, ricorrenza, monotonia e burst sono forme della traiettoria, non giudizi di valore, non diagnosi, non destini e non proprietà metafisiche.

La verifica epistemologica mostra che il P2 rafforza il principio di scientificità del Corpus: ogni classificazione richiede sistema, parametro, protocollo, soglie, normalizzazione, invarianti, descrittori, distanze e certificato. In assenza di tali elementi, la classificazione resta qualitativa controllata e non può essere presentata come risultato metrico riproducibile.

AUDIT 1 - AUDIT BASI NORMATIVE PRINCIPALI

CMDE 4.1 canonica definitiva

Esito: invariato.

Motivazione: il P2 non modifica la funzione cosmologica $z(t)$, non introduce nuovi parametri cosmologici, non altera il dominio $t > 0$, non interviene sulle tre fasi della metrica e non usa la CMDE come metrica automatica delle traiettorie interne. Il rapporto con la CMDE è esclusivamente di compatibilità e separazione di dominio.

Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali

Esito: invariato.

Motivazione: il P2 non modifica le Sei Leggi, non introduce una nuova genealogia del tempo, dell'informazione o dello spazio, e resta coerente con l'idea di trasformazione, irreversibilità e relazione come condizioni strutturali del Corpus. La topologia delle traiettorie interne rappresenta una specificazione operativa successiva, non una revisione del trattato.

Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne

Esito: richiede addendum.

Motivazione: il P2 non modifica il Postulato Theta, il criterio Gamma o il nucleo invariabile di R_x , ma introduce una classificazione canonica delle forme di $R_x(\tau)$ e $R_x(s)$. Poiché il Trattato RT è la sede primaria della grandezza R_x e delle traiettorie interne, è opportuno un addendum tracciato che recepisca le famiglie F_1 - F_5 , la firma topologica, la distanza d_T , la distinzione tra invarianti topologici forti e descrittori morfologici normalizzati, e la distinzione tra classificazione forte e classificazione debole, senza riscrivere il corpo principale del trattato.

AUDIT 2 - AUDIT FONDATIVI ESTESI DEL CORPUS

Dichiarazione di Nascita della Fisica Informazionale

Esito: invariato.

Motivazione: il P2 è coerente con lo statuto della disciplina, con la separazione dei domini e con l'obbligo di dichiarare variabili, osservabili e criteri di confronto. Non richiede modifica della Dichiarazione.

Introduzione allo Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: l'Introduzione potrà ricevere una nota didattica che spieghi, in forma accessibile, che le traiettorie R_x non sono solo grandezze puntuali ma anche forme classificabili secondo famiglie topologiche canoniche. L'addendum dovrà restare introduttivo e non sostituire la trattazione tecnica del P2.

Glossario Ufficiale della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: il P2 introduce o stabilizza termini tecnici che devono essere normati: equivalenza topologica interna, firma topologica, famiglia F_1 - F_5 , distanza informazionale topologica d_T , classificazione forte, classificazione debole, zona di frontiera, prototipo di famiglia, margine decisionale, plateau totale degenerare, invariante topologico forte, descrittore morfologico normalizzato e invariante operativo di protocollo.

Manuale Operativo della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: il Manuale dovrà integrare un protocollo operativo di classificazione P2, con passaggi minimi per normalizzazione, estrazione di invarianti e descrittori, calcolo di distanze, assegnazione di famiglia e produzione del certificato di classificazione.

Appendice Metrica della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: l'Appendice Metrica è la sede più adatta per recepire formalmente invarianti topologici, descrittori morfologici normalizzati, soglie, distanze, condizioni metriche, pseudometrica sul grezzo, metrica sul quoziente e gestione dei casi degeneri. L'intervento deve essere tracciato e non retroattivo.

Casi Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: i Casi Studio potranno ricevere un caso integrativo P2, applicato a una traiettoria interna non sensibile, per mostrare come si classifica una R_x in F_1 - F_5 e come si produce il certificato di classificazione.

Compendio Didattico Avanzato della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: il Compendio dovrà recepire la tassonomia F_1 - F_5 in forma didattica, distinguendo chiaramente tra descrizione qualitativa, classificazione controllata e classificazione riproducibile, nonché tra invarianti topologici forti e descrittori morfologici di protocollo.

Bibliografia Ragionata della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: il P2 usa strumenti collegati alla topological data analysis, ai diagrammi di persistenza, ai merge tree, alle distanze elastiche e agli allineamenti di forma. È opportuno un addendum bibliografico che collochi tali strumenti come supporti metodologici, non come fonti normative del Corpus.

Codice Etico della Fisica Informazionale

Esito: invariato.

Motivazione: il P2 non introduce nuovi rischi etici specifici oltre quelli già coperti dal Codice. Resta però vincolante il divieto di usare classificazioni di traiettorie interne per diagnosi, profilazioni sensibili, attribuzioni di coscienza o giudizi su individui senza protocolli, consenso e limiti dichiarati.

Relazione Integrativa - Commentario Narrativo al Corpus

Esito: richiede addendum.

Motivazione: la Relazione Integrativa potrà ricevere un breve raccordo narrativo sulla nozione di forma della traiettoria, chiarendo che la topologia P2 è tecnica e non metafora libera.

Relazione tecnica canonica CMDE 4.1 e validazione riproducibile

Esito: non pertinente al problema trattato.

Motivazione: il P2 non interviene sulla validazione della metrica cosmologica e non modifica pipeline, parametri o protocolli CMDE.

AUDIT 3 - AUDIT CATENA DEI PROBLEMI P

Il P2 è pienamente compatibile con il P1, unico problema precedente risolto e teoricamente pertinente nella catena progressiva. Il P1 stabilisce la legge canonica generale $dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$ e chiarisce le condizioni in cui R_x può essere propagata, vincolata o ricostruita. Il P2 assume tale risultato e lo prosegue senza modificarlo, perché lavora sulla forma della traiettoria R_x una volta che essa sia stata definita, stimata, osservata o propagata.

Problema precedente coinvolto: P1 - Unificazione canonica tra redshift informazionale indicizzato, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione.

Stato teorico: risolto e chiuso nel ciclo canonico vigente.

Tipo di adeguamento richiesto: nessun adeguamento al P1.

Motivazione teorica essenziale: il P2 non altera la relazione $dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$, non ridefinisce z_x , Φ_x o κ_x , e non introduce una nuova legge di propagazione. Esso aggiunge un livello successivo di classificazione topologica delle traiettorie R_x .

Non risultano altri problemi precedenti risolti che costituiscano dipendenze cumulative necessarie del P2.

TERZO STUDIO AVANZATO DI RICERCA SULLA FISICA INFORMATICA
Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale
Ivan Carenzi

Front Matter

Autore: Ivan Carenzi.

ORCID: 0009-0006-0108-7808.

Serie/Corpus: Fisica Informazionale.

Titolo: Terzo Studio Avanzato di Ricerca sulla Fisica Informazionale — Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale — P3.

Tipo: Descrittivo

Versione: Revisione canonica ufficiale.

Data: 2026-07-18.

Lingua: Italiano.

Stato: Canonico.

Licenza: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

DOI versione: 10.5281/zenodo.21439821.

Regola di precedenza normativa

Il presente documento è descrittivo. In caso di discrepanze, prevalgono le fonti normative primarie del Corpus, in particolare CMDE 4.1 canonica definitiva, Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali e Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne. Restano inoltre vincolanti, nei rispettivi ambiti, le formulazioni canoniche stabilite dagli Studi Avanzati P1 e P2, che il presente Studio recepisce senza modificarle.

Sintesi operativa

Il documento espone la revisione canonica e la chiusura del P3, definendo il funzionale metrico operativo $\rho_x(\tau)$ per la valutazione certificata della coerenza informazionale in domini differenti. Presenta le componenti strutturale, topologico-morfologica e dinamico-attualizzativa, il profilo di coerenza, il certificato operativo, le condizioni di normalizzazione, comparabilità e calibrazione, i casi limite e i vincoli epistemologici ed etici. Recependo P1 e P2, mantiene separati i domini interni dal dominio cosmologico CMDE. Non costituisce una metrica-distanza assiomatica, una diagnosi o una prova di coscienza.

Parole chiave

coerenza informazionale, metrica multi-dominio, funzionale metrico, $\rho_x(\tau)$, certificato operativo, calibrazione, comparabilità, traiettorie interne, P1, P2, CMDE 4.1

Come citare

Ivan Carenzi, 2026, Terzo Studio Avanzato di Ricerca sulla Fisica Informazionale — Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale — P3, Revisione canonica ufficiale, Zenodo 10.5281/zenodo.21439821.

P3 - Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale

1. Identificazione del problema

Il presente Studio tratta il Problema P3 della Fisica Informazionale nella sua formulazione canonica vigente: Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale. La formulazione storica precedente, “Metriche quantitative di coerenza”, conserva valore archivistico e testimonia il primo nucleo teorico dal quale il problema ha avuto origine. Essa non viene tuttavia assunta come titolo tecnico definitivo, perché il P3 non deve limitarsi a proporre una generica famiglia di misure quantitative, né deve fissare una singola formula priva di disciplina di dominio. Il suo compito canonico è più preciso: definire un funzionale metrico operativo di coerenza, universale nell’architettura formale e multi-dominio nell’applicazione, capace di mantenere rigore, tracciabilità, interpretabilità e comparabilità controllata.

Il codice del problema è P3 e il titolo operativo vigente è “Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale”. Lo stato iniziale del problema nel ciclo corrente era quello di problema riaperto in revisione canonica; lo stato conclusivo stabilito dal presente Studio è invece quello di problema risolto e chiuso in revisione canonica.

Una formulazione precedente del P3 esisteva già ed era teoricamente significativa, perché introduceva l’idea di una misura di coerenza composta da una componente strutturale, da una componente topologica e da una componente collegata al potenziale informazionale. Tale formulazione non poteva però essere assunta senza correzioni come versione canonica definitiva. La costruzione precedente usava infatti $\rho(t)$, $R(t)$ e $\Phi(t)$ come se il tempo cosmologico t potesse essere impiegato direttamente come parametro universale in testi, immagini, sequenze biologiche e stati coscienziali. Essa collegava inoltre la misura multi-dominio alle tre fasi della CMDE 4.1 mediante pesi dipendenti dalle derivate delle funzioni cosmologiche $z_i(t)$, senza imporre una mappatura esplicita tra il tempo cosmologico e il parametro interno del sistema analizzato. Tali passaggi producevano una sovrapposizione indebita tra domini distinti.

Con il presente Studio il P3 viene ricondotto a chiusura canonica mediante cinque interventi fondamentali. La forma generale $\rho(t)$ viene sostituita dalla forma interna indicizzata $\rho_x(\tau)$; la funzione cosmologica $z(t)$ resta riservata alla CMDE 4.1 e non viene trasferita automaticamente a domini non cosmologici; la coerenza viene definita come funzionale metrico operativo e non come metrica-distanza assiomatica; il valore scalare viene accompagnato da un profilo delle componenti e da un certificato operativo obbligatorio; infine, la comparabilità tra domini differenti viene subordinata a una classe di calibrazione dichiarata, evitando che la sola uguaglianza numerica venga scambiata per equivalenza fisica o informazionale.

La parola “metrica”, nel titolo del problema, è pertanto usata nel senso operativo proprio della Fisica Informazionale. La quantità $\rho_x(\tau)$ misura la coerenza informazionale di un sistema in una finestra dichiarata; non è una distanza tra due oggetti e non è tenuta, in quanto tale, a soddisfare simmetria, identità degli indiscernibili e disuguaglianza triangolare. Le distanze propriamente dette, quando necessarie, sono oggetti distinti, indicati per esempio con d_x o d_T e dotati delle proprietà specificate dal protocollo che le introduce.

Il P3 si colloca dopo la chiusura canonica del P1 e del P2. Il P1 stabilisce la relazione generale:

$$dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x$$

e disciplina la relazione tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna, potenziale di attualizzazione e coefficiente di trasferimento. Il P2 stabilisce invece la topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate e introduce, entro le condizioni dichiarate, firme topologico-morfologiche, distanza d_T , criteri di similarità e famiglie canoniche F_1 - F_5 .

Il P3 assume tali risultati come dipendenze cumulative. Dal P1 eredita la disciplina dinamica di z_x , R_x , Φ_x e κ_x ; dal P2 eredita il livello topologico-morfologico di analisi delle traiettorie. Il suo contributo specifico consiste nel definire una misura composta di coerenza informazionale applicabile a domini differenti senza cancellarne le differenze operative.

2. Quadro vincolante e dipendenze dichiarate

Le basi normative principali del presente Studio sono la CMDE 4.1 canonica definitiva, il Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali e il Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne.

La CMDE 4.1 resta la sede esclusiva della funzione cosmologica $z(t)$, del redshift informazionale cosmologico e del tempo cosmologico t . Il presente Studio non modifica le formule, i parametri, le transizioni, le derivate, le condizioni di raccordo o le procedure di validazione della CMDE. Il Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali fornisce il quadro genealogico e semantico relativo a distinzione, trasformazione, irreversibilità, relazione e spazio rappresentazionale. Il P3 non introduce una nuova legge pre-universale e non modifica lo statuto delle Sei Leggi. Il Trattato RT disciplina le traiettorie interne indicizzate e il dominio coscienziale. Il P3 può applicare il proprio funzionale metrico a traiettorie riflessive soltanto entro protocolli dichiarati e senza identificare la coerenza misurata con la coscienza, con il contenuto soggettivo o con il criterio di esistenza di un regime coscienziale.

Accanto a queste tre basi normative risultano pertinenti la Dichiarazione di Nascita della Fisica Informazionale, l'Introduzione allo Studio della Fisica Informazionale, il Glossario Ufficiale, il Manuale Operativo, l'Appendice Metrica, i Casi Studio, il Compendio Didattico Avanzato, la Bibliografia Ragionata, il Codice Etico, la Relazione Integrativa al Corpus e gli Studi Avanzati P1 e P2.

La Dichiarazione di Nascita stabilisce lo statuto della disciplina e la separazione tra dominio cosmologico e domini interni. Il Glossario disciplina la notazione e impedisce l'uso non qualificato di $z(t)$, $R(t)$ e $\Phi(t)$ fuori dai rispettivi contesti. Il Manuale Operativo e l'Appendice Metrica costituiscono le sedi naturali per il successivo recepimento dei protocolli introdotti dal P3. Il Codice Etico è direttamente coinvolto perché una misura multi-dominio può essere impropriamente impiegata per profilazione, diagnosi, classificazione personale, valutazione morale o inferenza indebita di stati soggettivi.

Il P3 dipende direttamente dal P1 e dal P2. Dal P1 assume il sistema indicizzato x , il parametro interno τ , la coordinata di trasformazione $z_x(\tau)$, la traiettoria interna $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$, il potenziale $\Phi_x(\tau)$, il coefficiente $\kappa_x(\tau)$, la relazione $dR_x = \kappa_x \Phi_x dz_x$ e le condizioni di validità necessarie per usare z_x come coordinata di cammino. Dal P2 assume la firma topologico-morfologica, il vettore di firma I_T , la distanza topologica d_T , le famiglie canoniche F_1 - F_5 , la distinzione tra classificazione forte, classificazione debole e zona di frontiera, nonché il principio secondo cui d_T può essere pseudometrica sui rappresentanti grezzi e metrica operativa sul quoziente appropriato.

Il P3 opera pertanto a valle di P1 e P2. Non li modifica, non li sostituisce e non ne anticipa estensioni future.

3. Introduzione del problema

La Fisica Informazionale necessita di una nozione rigorosa di coerenza perché non può limitarsi a descrivere separatamente trasformazioni, traiettorie, forme e potenziali. Un sistema informazionale non è riconoscibile soltanto perché cambia. Non è riconoscibile soltanto perché conserva una forma, né soltanto perché possiede possibilità evolutive. È riconoscibile perché attraversa il cambiamento mantenendo una relazione controllabile tra differenza, continuità, forma e attualizzazione.

La coerenza informazionale non è quindi ordine statico, bellezza formale, semplicità, bassa entropia in senso ingenuo o stabilità assoluta. Essa è la capacità operativamente misurabile di un sistema di mantenere tracciabilità interna, continuità strutturale, riconoscibilità morfologica e compatibilità dinamica mentre attraversa trasformazioni nel proprio dominio.

Il problema diventa decisivo quando si passa da un singolo dominio a una pluralità di domini. Un testo, un'immagine, una sequenza biologica e uno stato coscienziale non condividono lo stesso supporto materiale o simbolico. Non possiedono le stesse unità, non si osservano con gli stessi strumenti e non possono essere ridotti a una medesima ontologia locale. Possono tuttavia essere descritti, entro la Fisica Informazionale, come sistemi indicizzati x dotati di stati ordinati, codifiche dichiarate, differenze misurabili, traiettorie interne e vincoli di attualizzazione.

Il P3 risponde a questa esigenza costruendo un'architettura metrica comune. Tale architettura non afferma che tutti i domini siano identici, ma che domini differenti possano essere trattati mediante lo stesso schema generale quando siano dichiarati i passaggi che conducono dall'oggetto osservato alle componenti metriche.

La difficoltà principale consiste nell'evitare due errori opposti. Il primo è il relativismo metrico assoluto: ogni dominio impiegherebbe una propria misura priva di qualsiasi raccordo con gli altri, rendendo impossibile una grammatica multi-dominio. Il secondo è l'universalismo ingenuo: una sola formula verrebbe applicata a ogni sistema senza dichiarare codifiche, scale, unità, normalizzazioni, limiti e condizioni di validità.

La soluzione canonica supera entrambi gli errori. La metrica è universale nell'architettura perché utilizza una combinazione comune di componenti normalizzate; è multi-dominio nell'applicazione perché ogni sistema richiede osservabili, codifica, distanza, parametro interno e protocollo propri; è

interpretabile perché il valore scalare è accompagnato dalla scomposizione nelle componenti; è tracciabile perché richiede un certificato operativo; ed è confrontabile in modo controllato perché distingue la comparabilità diretta all'interno dello stesso protocollo dalla comparabilità calibrata tra protocolli o domini differenti.

Questa costruzione resta coerente con il Corpus perché non usa $z(t)$ come variabile generale, non identifica τ con t , non trasforma la CMDE in una metrica universale per testi, immagini o stati coscienziali e non identifica la coerenza con verità, coscienza, salute, intelligenza o valore morale.

4. Obiettivo della risoluzione

Risolvere il P3 significa costruire un impianto metrico che soddisfi requisiti formali, operativi ed epistemologici precisamente dichiarati. In primo luogo, la misura deve possedere una definizione formale: devono essere specificati il dominio, gli oggetti in ingresso, la funzione di valutazione, le componenti interne, le normalizzazioni, i pesi e le condizioni di validità.

In secondo luogo, la misura deve essere indicizzata. Nei domini non cosmologici la forma canonica è $\rho_x(\tau)$, dove x identifica il sistema e τ il parametro interno. La forma $\rho(t)$ non è ammessa come notazione generale. In terzo luogo, il P3 deve garantire universalità architettonica. Lo stesso schema deve poter essere applicato a domini differenti senza imporre la stessa codifica o gli stessi osservabili.

La metrica deve inoltre essere interpretabile. Il valore complessivo deve essere accompagnato dal profilo delle componenti strutturale, topologico-morfologica e dinamico-attualizzativa. A tale requisito si aggiunge quello della certificabilità: ogni risultato deve riportare il protocollo mediante il quale è stato ottenuto.

La comparabilità deve essere controllata. Quella diretta deve essere limitata a risultati ottenuti mediante protocolli compatibili, mentre i confronti tra domini differenti devono richiedere una calibrazione esplicita. Il P3 deve poi risultare pienamente compatibile con P1 e P2. La componente dinamico-attualizzativa deve recepire la relazione P1 e la componente topologico-morfologica deve recepire il formalismo P2.

La costruzione deve infine essere robusta nei casi limite. Devono essere trattati dati insufficienti, alfabeti degeneri, finestre costanti, componenti mancanti, distanze non applicabili, topologie non certificabili e assenza delle grandezze richieste dal P1. A tutti questi requisiti si accompagna una disciplina epistemologica non negoziabile: la misura non deve essere trasformata in diagnosi, giudizio ontologico, prova di coscienza, valore morale o certificazione di verità.

Il risultato atteso non è pertanto una formula isolata, ma un sistema completo composto da funzionale metrico, componenti normalizzate, profilo di coerenza, certificato operativo, classe di comparabilità, eventuale calibrazione multi-dominio, condizioni di consistenza, casi limite, procedure applicative e limiti interpretativi.

5. Stato del problema e formulazione rigorosa

Sia x un sistema informazionale appartenente a un dominio dichiarato D_x . Sia T_x l'insieme ordinato dei valori ammessi del parametro interno τ e sia:

$$S_x = \{S_x(\tau) : \tau \in T_x\}$$

la famiglia degli stati osservabili, descrivibili o codificabili del sistema. Per ogni τ sia $W_x(\tau)$ una finestra ammissibile di stati del sistema, e sia $\mathfrak{W}_x$ l'insieme delle finestre ammissibili secondo il protocollo del dominio x .

Si definisce allora un funzionale di coerenza:

$$\text{Coh}_x : \mathfrak{W}_x \rightarrow [0,1]$$

e si pone:

$$\rho_x(\tau) = \text{Coh}_x(W_x(\tau)).$$

Questa è la formulazione funzionale corretta. $\rho_x(\tau)$ è il valore assunto dal funzionale Coh_x sulla finestra $W_x(\tau)$; non è pertanto corretto scrivere $\rho_x(\tau)$ come se fosse essa stessa una funzione avente $W_x(\tau)$ come dominio.

Il funzionale deve misurare il grado in cui la finestra mantiene coerenza informazionale rispetto a tre livelli complementari: il livello strutturale, il livello topologico-morfologico e il livello dinamico-attualizzativo. La forma canonica è:

$$\rho_x(\tau) = \alpha_x C_{\text{str},x}(\tau) + \beta_x C_{\text{top},x}(\tau) + \gamma_x C_{\text{att},x}(\tau)$$

con:

$$\alpha_x \geq 0;$$

$$\beta_x \geq 0;$$

$$\gamma_x \geq 0;$$

$$\alpha_x + \beta_x + \gamma_x = 1.$$

In questa espressione $C_{\text{str},x}(\tau)$ è la componente strutturale normalizzata, $C_{\text{top},x}(\tau)$ è la componente topologico-morfologica normalizzata e $C_{\text{att},x}(\tau)$ è la componente dinamico-attualizzativa normalizzata.

Quando tutte le componenti sono definite, normalizzate e certificate, valgono le condizioni:

$$C_{\text{str},x}(\tau) \in [0,1];$$

$$C_{\text{top},x}(\tau) \in [0,1];$$

$$C_{\text{att},x}(\tau) \in [0,1];$$

e, conseguentemente:

$$\rho_x(\tau) \in [0,1].$$

Il valore deve essere accompagnato dal profilo:

$$\Pi_{\rho,x}(\tau) = (C_{\text{str},x}(\tau), C_{\text{top},x}(\tau), C_{\text{att},x}(\tau); \alpha_x, \beta_x, \gamma_x)$$

e dal certificato:

$$\text{Cert}_{\rho,x}(\tau).$$

Se una componente non è definita o non è certificabile, il risultato non deve essere presentato come valore canonico completo. Deve essere classificato come valore parziale, valore esplorativo oppure valore non certificabile.

La forma $\rho(t)$ non è la forma generale del P3. Essa è ammessa soltanto nel dominio cosmologico, se t è realmente il tempo cosmologico CMDE, oppure in presenza di una mappatura esplicita $t = T_x(\tau)$, con dominio, limiti e significato dichiarati. Non è ammessa alcuna identificazione implicita $\tau = t$.

6. Postulati, definizioni fondamentali e notazione

Postulato P3.1 - Indicizzazione necessaria

Ogni misura di coerenza deve essere riferita a un sistema x , a un dominio D_x e a un parametro interno τ .

Postulato P3.2 - Universalità dello schema

L'universalità del P3 riguarda la struttura formale del funzionale e non l'identità degli osservabili nei diversi domini.

Postulato P3.3 - Separazione cosmologica

La CMDE 4.1 resta normativa per $z(t)$. Il P3 non modifica $z(t)$, non ridefinisce le fasi cosmologiche e non usa t come parametro universale dei sistemi interni.

Postulato P3.4 - Composizione triadica

La coerenza informazionale richiede almeno una lettura strutturale, una lettura topologico-morfologica e una lettura dinamico-attualizzativa.

Postulato P3.5 - Necessità del certificato

Nessun valore di ρ_x può essere considerato canonicamente completo senza $\text{Cert}_{\rho,x}$.

Postulato P3.6 - Statuto operativo della metrica

ρ_x è un funzionale metrico operativo e non una metrica-distanza assiomatica.

Postulato P3.7 - Comparabilità non automatica

L'uguaglianza numerica di due valori di coerenza non implica equivalenza tra i sistemi. La comparabilità richiede compatibilità di protocollo o calibrazione dichiarata.

Postulato P3.8 - Non sostitutività delle componenti

Nessuna componente, presa isolatamente, coincide con la coerenza totale.

Definizioni fondamentali

Sistema informazionale x

Un sistema informazionale x è un sistema osservabile o descrivibile mediante una successione ordinata di stati.

Dominio D_x

Il dominio D_x è l'ambito di validità della misura: testuale, visivo, biologico, coscienziale, computazionale o altro dominio dichiarato.

Parametro interno τ

Il parametro interno τ ordina gli stati. Può essere un tempo locale, un indice discreto, una posizione, un passo di processo, un livello di scala o un'altra coordinata interna.

Stato $S_x(\tau)$

Lo stato $S_x(\tau)$ è la configurazione del sistema al valore τ .

Finestra $W_x(\tau)$

La finestra $W_x(\tau)$ è il segmento locale di stati utilizzato per il calcolo.

Insieme delle finestre ammissibili $\mathfrak{W}_x$

$\mathfrak{W}_x$ è l'insieme delle finestre che soddisfano i requisiti minimi di dimensione, qualità, continuità e validità del protocollo.

Codifica I_x

La codifica I_x è la mappa che trasforma gli stati in rappresentazioni operative:

$$I_x : S_x \rightarrow A_x$$

dove A_x è lo spazio di rappresentazione.

Regola di confronto δ_x

La regola δ_x è la funzione non negativa usata per quantificare la differenza operativa tra rappresentazioni. Essa può essere una metrica, una pseudometrica, una divergenza o un'altra dissimilarità dichiarata. Quando δ_x non è simmetrica o non soddisfa la disuguaglianza triangolare, non deve essere chiamata distanza in senso stretto.

Coordinata di trasformazione $z_x(\tau)$

La coordinata $z_x(\tau)$ è la grandezza interna indicizzata che ordina o misura la trasformazione informazionale del sistema.

Traiettoria interna $R_x(\tau)$ o $R_x(s)$

$R_x(\tau)$, oppure $R_x(s)$ quando è adottata una coordinata interna s dichiarata, è la traiettoria di coerenza, riflessività o tracciabilità interna definita secondo il protocollo.

Potenziale $\Phi_x(\tau)$

$\Phi_x(\tau)$ è la grandezza che descrive l'apertura coerente delle evoluzioni ammissibili entro vincoli dichiarati.

Coefficiente $\kappa_x(\tau)$

$\kappa_x(\tau)$ è il coefficiente non negativo di trasferimento dalla trasformazione attualizzabile alla variazione della traiettoria.

Funzionale Coh_x

Coh_x è la mappa dalle finestre ammissibili all'intervallo $[0,1]$.

Valore $\rho_x(\tau)$

$\rho_x(\tau)$ è il valore del funzionale Coh_x sulla finestra $W_x(\tau)$.

Profilo $\Pi_{\rho_x}(\tau)$

$\Pi_{\rho_x}(\tau)$ è la scomposizione del valore nelle componenti e nei pesi.

Certificato $Cert_{\rho_x}(\tau)$

$Cert_{\rho_x}(\tau)$ è l'insieme dei metadati necessari per la riproducibilità e l'interpretazione.

Protocollo P_x

Il protocollo P_x è l'insieme ordinato delle scelte operative:

$$P_x = (D_x, T_x, I_x, \delta_x, W_x, N_x, \alpha_x, \beta_x, \gamma_x, \Theta_x)$$

dove N_x indica le normalizzazioni e Θ_x l'insieme delle soglie.

Classe di comparabilità K

La classe K è la classe di protocolli che condividono definizioni compatibili delle componenti, normalizzazioni, pesi, soglie e riferimenti di calibrazione.

Mappa di calibrazione q_x

La mappa q_x è una mappa monotona dichiarata che converte il valore grezzo ρ_x in un punteggio calibrato:

$$\tilde{\rho}_x(\tau) = q_x(\rho_x(\tau)).$$

La mappa q_x deve essere definita rispetto a riferimenti, benchmark o distribuzioni dichiarate. Non può essere scelta dopo l'osservazione al solo scopo di ottenere un confronto desiderato.

7. Sviluppo teorico e risoluzione formale

7.1 Spazio informativo di osservazione

Il sistema è osservato come:

$$S_x = \{S_x(\tau) : \tau \in T_x\}.$$

Per renderne gli stati operativamente trattabili si introduce la codifica:

$$I_x : S_x \rightarrow A_x$$

che trasforma gli stati in rappresentazioni appartenenti allo spazio A_x . La natura di A_x dipende dal dominio. Nel dominio testuale può contenere token, n-grammi, grafi sintattici, vettori semantici o strutture retoriche. Nel dominio visivo può contenere patch, contorni, regioni, texture, segmentazioni o grafi di adiacenza. Nel dominio biologico può contenere basi, aminoacidi, k-mer, profili biochimici o strutture di interazione. Nel dominio coscienziale può contenere esclusivamente osservabili compatibili con il Trattato RT e con il Codice Etico.

La regola δ_x quantifica la differenza tra rappresentazioni consecutive:

$$\Delta v_{x,k} = \delta_x(I_x(S_x(\tau_k)), I_x(S_x(\tau_{k-1}))).$$

La quantità $\Delta v_{x,k}$ è una variazione locale non negativa secondo il protocollo. A partire da tali variazioni, una possibile coordinata cumulativa di variazione totale è:

$$V_x(\tau_n) = \text{somma per } k = 2, \dots, n \text{ di } \Delta v_{x,k}.$$

Questa costruzione non costituisce la definizione universale obbligatoria di z_x . Essa rappresenta una delle possibili costruzioni di una coordinata interna cumulativa quando il protocollo intende misurare la variazione totale percorsa nello spazio delle rappresentazioni.

La coordinata z_x può essere definita in altri modi, purché siano dichiarati il dominio, il codominio, l'origine, l'orientamento, la scala, la regola di aggiornamento, il significato informativo, le condizioni di invertibilità o monotonia e i limiti di validità.

Se il protocollo sceglie:

$$z_x(\tau_n) = V_x(\tau_n),$$

deve dichiarare esplicitamente che z_x è una coordinata cumulativa di variazione totale. In tale caso z_x è non decrescente per costruzione e non rappresenta necessariamente una trasformazione orientata o firmata. Se è invece necessaria una coordinata orientata, occorre introdurre incrementi

firmati mediante una struttura aggiuntiva, per esempio una proiezione, un ordine o un campo di orientamento dichiarato.

La scrittura $z(t)$, senza indice, resta riservata alla CMDE.

7.2 Finestra locale

La coerenza non viene attribuita al sistema indipendentemente dalla scala di osservazione, ma viene valutata su una finestra $W_x(\tau)$. Tale finestra può essere simmetrica, retrospettiva, prospettica oppure adattiva.

Nel caso continuo può essere scritta come:

$$W_x(\tau) = \{S_x(\sigma) : \sigma \in [\tau - l_-, \tau + l_+]\}$$

con $l_- \geq 0$ e $l_+ \geq 0$. Nel caso discreto la finestra è invece un blocco ordinato di stati.

Qualunque sia la forma adottata, la finestra deve soddisfare requisiti minimi di numerosità, copertura, qualità del dato, continuità o ordinamento e rappresentatività rispetto alla scala analizzata.

Una possibile regola adattiva è:

$$|W_x(\tau)| = L_{0,x} \cdot (1 + |\Delta z_x(W)|)^{v_x}$$

con $L_{0,x} > 0$ e $v_x \geq 0$.

Questa formula è facoltativa e non costituisce una legge universale. Essa esprime soltanto una possibile scelta secondo cui la finestra cresce con la trasformazione interna accumulata. Nei domini non cosmologici la finestra non deve dipendere direttamente dalle fasi o dalle derivate della CMDE, salvo mappatura esplicita.

7.3 Componente strutturale

La componente strutturale misura regolarità, ridondanza controllata, predicibilità o compressibilità del segmento osservato. Nel caso simbolico si può definire:

$$H_{\text{norm},x}(\tau) = h_x(W_x(\tau)) / H_{\text{max},x}$$

con $H_{\text{max},x} > 0$.

La componente assume allora la forma:

$$C_{\text{str},x}(\tau) = 1 - \text{clip}(H_{\text{norm},x}(\tau))$$

dove:

$\text{clip}(y) = 0$, se $y < 0$;
 $\text{clip}(y) = y$, se $0 \leq y \leq 1$;
 $\text{clip}(y) = 1$, se $y > 1$.

La funzione clip garantisce che la componente rimanga nell'intervallo $[0,1]$, ma non sostituisce una corretta scelta della normalizzazione. Se i valori risultano sistematicamente saturi a 0 o a 1, il protocollo deve verificare l'adeguatezza di $H_{\text{max},x}$ e degli stimatori adottati.

Quando si utilizzano entropie di n-grammi, la stima può essere costruita come:

$$h_x(W) = \text{somma per } k = 1, \dots, k_{\text{max}} \text{ di } \omega_k h_{x,k}(W) / k$$

con:

$\omega_k \geq 0$;
 somma degli $\omega_k = 1$.

Gli stimatori devono essere accompagnati da indicazioni relative al bias da campione finito, allo smoothing, all'ordine massimo k_{max} , alla numerosità minima e all'incertezza.

Se $H_{\text{max},x} = 0$, se l'alfabeto ha cardinalità uno o se la finestra è costante, la formula ordinaria non è applicabile. In tale caso $C_{\text{str},x}$ può essere posta convenzionalmente uguale a 1 soltanto nel senso ristretto di assenza di disordine rispetto alla codifica, con il flag obbligatorio:

plateau strutturale degenerare.

Tale valore non indica massima ricchezza, massima informazione, massima complessità o massima qualità.

Per dati continui o vettoriali possono essere usati errore predittivo normalizzato, compressibilità relativa, complessità descrittiva, regolarità multiscala o altri indicatori dichiarati. La componente deve comunque essere ricondotta a $[0,1]$ e il significato della normalizzazione deve essere riportato nel certificato.

7.4 Componente topologico-morfologica

Quando R_x è disponibile, si considera il segmento:

$$R_x|W.$$

Da esso si estrae la firma:

$$\Sigma(R_x|W)$$

oppure il vettore:

$I_T(R_x|W)$.

Questi oggetti consentono di descrivere la forma della traiettoria nel quadro stabilito dal P2.

Se esiste un prototipo P_j , la distanza topologica può essere definita come:

$$\delta_{T,x}(\tau) = d_T(R_x|W, P_j).$$

Se il riferimento è invece un'intera famiglia F_j , la distanza dalla famiglia deve essere espressa mediante l'infimo:

$$\delta_{T,x}(\tau; F_j) = \inf_{Q \in F_j} d_T(R_x|W, Q).$$

L'infimo non è necessariamente raggiunto. Se il protocollo richiede un rappresentante effettivo, deve essere dichiarata l'esistenza di un minimizzatore oppure utilizzato un prototipo P_j .

Quando si confrontano più famiglie si può porre:

$$\delta_{T,x}(\tau) = \min_j \delta_{T,x}(\tau; F_j)$$

ma soltanto se le famiglie sono definite nello stesso spazio di confronto e mediante protocolli compatibili.

La componente topologico-morfologica può allora essere definita come:

$$C_{top,x}(\tau) = 1 - \min(1, \delta_{T,x}(\tau) / \theta_{T,x})$$

con $\theta_{T,x} > 0$.

Se d_T è già normalizzata in $[0,1]$, la forma può ridursi a:

$$C_{top,x}(\tau) = 1 - d_T$$

quando tale uso è compatibile con lo statuto metrico o pseudometrico di d_T .

In alternativa può essere impiegata una persistenza normalizzata:

$$C_{top,x}(\tau) = P_x(\tau)$$

con $P_x(\tau) \in [0,1]$.

In questo secondo caso devono essere dichiarati la filtrazione, le dimensioni omologiche, la scala, la normalizzazione, le soglie di persistenza, la robustezza e l'incertezza.

Se il segmento è insufficiente o ambiguo, il certificato deve riportare, secondo il caso, una delle indicazioni:

classificazione debole;
zona di frontiera;
topologia non certificata.

La componente topologica misura pertanto la stabilità morfologica rispetto al protocollo. Non stabilisce un'ontologia assoluta della forma.

7.5 Componente dinamico-attualizzativa

La componente dinamico-attualizzativa verifica la compatibilità della dinamica osservata con la relazione canonica:

$$dR_x = \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x.$$

Nel caso discreto si definiscono:

$$\begin{aligned}\Delta R_{x,k} &= R_x(\tau_k) - R_x(\tau_{k-1}); \\ \Delta z_{x,k} &= z_x(\tau_k) - z_x(\tau_{k-1}); \\ \Delta R_{att,x,k} &= \kappa_x(\tau_k) \Phi_x(\tau_k) \Delta z_{x,k}.\end{aligned}$$

La variazione osservata della traiettoria viene quindi confrontata con quella attesa secondo P1 mediante il residuo locale:

$$e_{x,k} = |\Delta R_{x,k} - \Delta R_{att,x,k}|.$$

Il residuo robusto nella finestra è:

$$E_{att,x}(\tau) = \text{RobustMean_W}(e_{x,k}).$$

RobustMean_W può essere una mediana, una media troncata, uno stimatore Huber o un'altra procedura dichiarata.

Sia $E_{att,x}^*$ una scala di riferimento positiva e dimensionalmente compatibile con $e_{x,k}$. Si definisce:

$$E_{norm,x}(\tau) = E_{att,x}(\tau) / E_{att,x}^*$$

e, conseguentemente:

$$C_{att,x}(\tau) = 1 - \text{clip}(E_{norm,x}(\tau)).$$

$E_{att,x}^*$ deve essere definita prima dell'interpretazione del risultato e riportata nel certificato. Può essere costruita mediante una scala fisica o informativa nota, una variabilità di riferimento, un

errore strumentale, un benchmark, un quantile di una distribuzione nulla o un'altra regola dichiarata. Non può essere scelta a posteriori al solo scopo di aumentare $C_{att,x}$.

Nel caso continuo il residuo assume la forma:

$$e_x(\tau) = |dR_x/d\tau - \kappa_x(\tau) \Phi_x(\tau) dz_x/d\tau|.$$

Quando z_x è monotona o localmente invertibile, può essere impiegata anche la forma:

$$e_x = |dR_x/dz_x - \kappa_x \Phi_x|.$$

La formulazione rispetto a z_x non è valida nei tratti nei quali z_x non costituisce una coordinata di cammino.

Se Δz_x è nullo entro soglia e ΔR_x è nullo entro soglia, il segmento può essere classificato come:

quiescenza coerente

con $C_{att,x} = 1$ e con il flag obbligatorio:

silenzio metrico.

Se Δz_x è nullo ma ΔR_x non è nullo, il residuo resta non nullo e la componente diminuisce secondo la normalizzazione adottata. Se Φ_x o κ_x non sono definiti, $C_{att,x}$ non è certificabile.

La varianza di Φ_x può essere utilizzata come descrittore ausiliario, ma non sostituisce il residuo della relazione P1.

7.6 Aggregazione

Una volta costruite e certificate le tre componenti, la coerenza complessiva è definita dalla forma canonica:

$$\rho_x(\tau) = \alpha_x C_{str,x}(\tau) + \beta_x C_{top,x}(\tau) + \gamma_x C_{att,x}(\tau).$$

In assenza di motivazioni specifiche può essere adottata la convenzione iniziale:

$$\alpha_x = \beta_x = \gamma_x = 1/3.$$

Questa scelta è un valore predefinito convenzionale e non una legge universale. Pesi differenti sono ammessi se vengono definiti prima dell'analisi conclusiva, motivati, registrati e, quando necessario, sottoposti ad analisi di sensibilità. Due valori calcolati con pesi differenti non sono direttamente confrontabili come se appartenessero allo stesso protocollo.

Il profilo obbligatorio è:

$$\Pi_{\rho_x}(\tau) = (C_{str,x}, C_{top,x}, C_{att,x}; \alpha_x, \beta_x, \gamma_x).$$

Due valori scalari uguali possono corrispondere a profili profondamente differenti. L'uguaglianza di ρ_x non implica pertanto uguaglianza dei meccanismi di coerenza.

7.7 Certificato operativo

Il certificato operativo costituisce parte integrante della misura e deve contenere almeno: il sistema x ; il dominio D_x ; il parametro τ ; l'insieme T_x ; la finestra W_x ; i criteri di ammissibilità di $\mathfrak{M}_x$; la codifica I_x ; lo spazio A_x ; la regola δ_x ; la definizione di z_x ; la definizione o stima di R_x ; la definizione o stima di Φ_x ; la definizione o stima di κ_x ; la definizione di $C_{str,x}$, $C_{top,x}$ e $C_{att,x}$; le normalizzazioni; i pesi; le soglie; la scala $E_{att,x}^*$; la qualità del dato; l'incertezza; i flag degeneri; la classe di comparabilità; l'eventuale mappa di calibrazione; i limiti interpretativi; lo stato della misura.

Gli stati ammessi sono:

certificata;
parziale;
esplorativa;
non certificabile.

Un valore non certificabile non deve essere usato per classificazioni o confronti.

7.8 Comparabilità

La comparabilità deve essere distinta in tre livelli.

Comparabilità intraprotocollo

Due valori sono direttamente confrontabili quando sono ottenuti mediante lo stesso protocollo P_x o mediante protocolli equivalenti rispetto alle componenti rilevanti.

Comparabilità intradominio interprotocollo

Il confronto tra protocolli differenti all'interno dello stesso dominio richiede una procedura di raccordo o ricalibrazione che renda compatibili normalizzazioni, pesi, finestre e soglie.

Comparabilità interdominio

La comparabilità tra domini differenti non è garantita dalla sola appartenenza di ρ_x e ρ_γ all'intervallo $[0,1]$. Per rendere confrontabili domini differenti occorre definire una classe K e mappe di calibrazione:

$$\tilde{\rho}_x = q_x(\rho_x);$$

$$\tilde{\rho}_\gamma = q_\gamma(\rho_\gamma).$$

Le mappe devono riferire i valori a benchmark dotati dello stesso significato operativo, per esempio una condizione nulla, una condizione di riferimento, una condizione strutturata o un insieme di perturbazioni controllate.

Anche dopo la calibrazione, il confronto deve essere interpretato come confronto di posizione relativa rispetto ai rispettivi riferimenti, non come identità ontologica tra sistemi. La comparabilità multi-dominio è pertanto comparabilità calibrata di profili e punteggi, non equivalenza assoluta delle realtà analizzate.

7.9 Proprietà formali

Proposizione 1 - Limitazione

Se le componenti appartengono a $[0,1]$ e i pesi sono non negativi con somma pari a 1, allora:

$$0 \leq \rho_x(\tau) \leq 1.$$

Dimostrazione

ρ_x è una combinazione convessa di elementi di $[0,1]$. Pertanto appartiene all'involuppo convesso di $[0,1]$, che coincide con $[0,1]$. Questa proprietà garantisce la limitazione formale del valore, ma non rende automaticamente confrontabili misure ottenute mediante protocolli differenti.

Proposizione 2 - Coerenza massima

Se tutti i pesi sono strettamente positivi:

$$\rho_x(\tau) = 1$$

se e solo se:

$$C_{str,x}(\tau) = 1;$$

$$C_{top,x}(\tau) = 1;$$

$$C_{att,x}(\tau) = 1.$$

Se uno o più pesi sono nulli, la condizione riguarda soltanto le componenti con peso positivo.

La coerenza massima deve comunque essere interpretata alla luce dei flag degeneri. Una finestra costante può infatti produrre una componente strutturale massima senza possedere ricchezza trasformativa.

Proposizione 3 - Coerenza minima

Se tutti i pesi sono strettamente positivi:

$$\rho_x(\tau) = 0$$

se e solo se tutte le componenti sono nulle.

Anche in questo caso occorre distinguere una reale perdita di coerenza dall'insufficienza del dato o dall'inadeguatezza del protocollo.

Proposizione 4 - Invarianza condizionata al relabeling

ρ_x è invariante rispetto a una permutazione delle etichette soltanto se la codifica è equivariante, la regola di confronto è preservata e le componenti dipendono dalle relazioni strutturali, non dai nomi arbitrari delle etichette.

Se le etichette possiedono valore semantico, ordinale o fisico, l'invarianza non è garantita.

Proposizione 5 - Covarianza rispetto a riparametrizzazione

Sia σ una trasformazione strettamente monotona del parametro interno.

Se l'ordine degli stati è preservato, le finestre sono trasformate coerentemente, le densità o derivate sono corrette secondo la trasformazione e le normalizzazioni restano equivalenti, allora il contenuto informativo misurato resta covariante rispetto alla riparametrizzazione.

Non si afferma una invarianza numerica assoluta in presenza di discretizzazioni, campionamenti o finestre differenti.

Proposizione 6 - Rumore distruttivo

Siano C_i le componenti con pesi $w_i \geq 0$. Se, dopo una perturbazione:

$C'_i \leq C_i$ per ogni componente con peso positivo;

e almeno una componente con peso positivo soddisfa $C'_j < C_j$;

allora:

$$\rho'_x < \rho_x.$$

Se tutte le componenti restano uguali:

$$\rho'_x = \rho_x.$$

Se alcune componenti diminuiscono e altre aumentano, non esiste una monotonia generale senza ulteriori condizioni quantitative. Pertanto non è corretto affermare che il peggioramento di una singola componente impedisca sempre un aumento complessivo. L'esito dipende dalla somma pesata delle variazioni:

$$\rho'_x - \rho_x = \alpha_x \Delta C_{str} + \beta_x \Delta C_{top} + \gamma_x \Delta C_{att}.$$

Il rumore è definito distruttivo rispetto al protocollo quando nessuna componente positiva migliora e almeno una peggiora.

Proposizione 7 - Dipendenza dal protocollo

Il valore ρ_x dipende da codifica, finestra, normalizzazioni, pesi e soglie. Non esiste un valore assoluto indipendente dal protocollo.

Questa dipendenza non costituisce un difetto della misura, ma una condizione che deve essere resa esplicita affinché il risultato sia interpretabile e riproducibile.

Proposizione 8 - Stabilità non automatica rispetto agli stimatori

La sostituzione di uno stimatore con un altro non garantisce l'identità numerica del risultato.

L'architettura P3 resta formalmente valida se il nuovo stimatore misura la stessa componente, ha codominio $[0,1]$ dopo normalizzazione, possiede condizioni di validità dichiarate, è sottoposto a verifica di robustezza e viene registrato nel certificato.

La stabilità numerica deve essere dimostrata o stimata applicazione per applicazione.

8. Condizioni di consistenza e casi limite

8.1 Condizioni necessarie

Affinché la misura sia certificabile devono essere identificati il sistema, il dominio, il parametro, gli stati, la codifica, la regola di confronto, la finestra, le componenti, le normalizzazioni, i pesi, le soglie, l'incertezza e la classe di comparabilità.

8.2 Plateau strutturale degenerare

Una finestra costante può avere $C_{str} = 1$, ma deve essere marcata come degenerare. Il valore esprime assenza di disordine rispetto alla codifica e non massima ricchezza informazionale.

8.3 Silenzio metrico

Se Δz_x e ΔR_x sono nulli entro soglia, C_{att} può essere uguale a 1 con flag di quiescenza. Il silenzio metrico segnala compatibilità in assenza di variazione distinguibile e non deve essere confuso con dinamica ricca.

8.4 Finestra insufficiente

Se il campione non consente una stima robusta, il risultato è esplorativo o non certificabile.

8.5 Componente mancante

Non è ammessa la rimozione silenziosa di una componente.

Una rinormalizzazione dei pesi è ammessa soltanto per una variante parziale dichiarata:

$\rho_x^{(parziale)}$.

Tale variante non è direttamente confrontabile con la metrica completa.

8.6 Topologia di frontiera

Una traiettoria collocata tra famiglie non deve essere assegnata forzatamente a una classe. Il certificato deve conservare l'informazione di frontiera o di classificazione debole.

8.7 Incompatibilità dimensionale

Il residuo attualizzativo deve confrontare quantità dimensionalmente compatibili. Se ciò non è possibile, la componente non è certificabile.

8.8 Dipendenza dalla scala

La coerenza può variare con la finestra. Un sistema può essere coerente a una scala e incoerente a un'altra. La scala è parte del risultato e deve essere riportata nel certificato.

8.9 Dipendenza dalla codifica

Codifiche differenti possono evidenziare forme differenti di coerenza. Non esiste una codifica neutra per ogni dominio.

8.10 Saturazione da clipping

Il clipping impedisce valori fuori intervallo, ma può produrre saturazione. La frequenza dei valori saturi deve essere controllata. Una saturazione sistematica indica una normalizzazione inadeguata.

8.11 Identificabilità

Pesi, componenti e normalizzazioni differenti possono produrre lo stesso valore complessivo. Per questo il profilo è obbligatorio.

8.12 Incertezza

ρ_x dovrebbe essere accompagnata, quando possibile, da un intervallo di confidenza, un intervallo di credibilità, un errore bootstrap, un'analisi di sensibilità o un'altra misura appropriata.

L'incertezza deve riguardare sia le componenti sia il valore aggregato.

9. Procedure operative multi-dominio

9.1 Protocollo generale

L'applicazione del P3 richiede una sequenza operativa esplicita:

1. Identificare il sistema x .
2. Dichiarare D_x .
3. Definire T_x e τ .
4. Definire $S_x(\tau)$.
5. Definire $W_x(\tau)$ e $\mathfrak{B}_x$.
6. Definire I_x .
7. Definire δ_x .
8. Definire z_x .
9. Definire o stimare R_x .
10. Definire o stimare Φ_x e κ_x .
11. Calcolare $C_{str,x}$.
12. Calcolare $C_{top,x}$.
13. Calcolare $C_{att,x}$.
14. Definire i pesi.
15. Calcolare ρ_x .
16. Produrre $\Pi_{\rho,x}$.

17. Stimare l'incertezza.
18. Assegnare la classe di comparabilità.
19. Applicare, quando necessaria, q_x .
20. Produrre $Cert_{\rho,x}$.

Questa sequenza rende il valore ricostruibile e impedisce che la coerenza venga attribuita intuitivamente senza dichiarare il percorso che conduce dall'oggetto alla misura.

9.2 Testi

Nel dominio testuale il sistema può essere un testo, un capitolo, un corpus o una sequenza argomentativa. Il parametro τ può essere l'indice di token, la frase, il paragrafo, la fase di composizione o un altro ordine dichiarato.

La componente strutturale può utilizzare l'entropia degli n-grammi, la predicibilità, la compressione o la regolarità sintattica. La componente topologico-morfologica può essere costruita mediante grafi concettuali, grafi sintattici, traiettorie semantiche o ricorrenze tematiche. La componente dinamico-attualizzativa può verificare la compatibilità tra progressione argomentativa, potenziale degli sviluppi ammessi e variazione della traiettoria interna.

Il risultato descrive la coerenza secondo il protocollo adottato. Non costituisce un giudizio estetico, letterario o di verità.

9.3 Immagini

Nel dominio visivo il sistema può essere un'immagine, una sequenza visiva o un video. Il parametro τ può essere una posizione di scansione, una scala, un livello di segmentazione o un tempo di acquisizione.

La componente strutturale può utilizzare la regolarità delle texture, la compressione o la predicibilità locale. La componente topologico-morfologica può impiegare componenti connesse, buchi, persistenza, merge tree o grafi di regioni. La componente dinamico-attualizzativa può misurare la compatibilità tra trasformazione delle forme e traiettoria visiva interna definita dal protocollo.

Il risultato non costituisce un giudizio di bellezza o di valore artistico.

9.4 Sequenze biologiche

Nel dominio biologico il sistema può essere DNA, RNA, una proteina, una regione genomica o un profilo funzionale. Il parametro τ può essere la posizione, la finestra genomica, l'indice evolutivo o il tempo sperimentale.

La componente strutturale può utilizzare k-mer, periodicità, compressione o vincoli di composizione. La componente topologico-morfologica può essere costruita mediante profili strutturali, reti di contatto, paesaggi di similarità o filtrazioni topologiche. La componente

dinamico-attualizzativa può verificare la compatibilità tra variazione, potenziale funzionale e traiettoria definita.

Il risultato non sostituisce la validazione biologica e deve essere interpretato insieme ai metodi specialistici del dominio.

9.5 Stati coscienziali e traiettorie riflesive

L'applicazione a stati coscienziali e traiettorie riflesive è ammessa soltanto quando gli osservabili sono compatibili con il Trattato RT e con il Codice Etico. La componente strutturale può descrivere regolarità di transizione; la componente topologico-morfologica può utilizzare il formalismo P2 su R_x ; la componente dinamico-attualizzativa può verificare la compatibilità con la relazione P1.

ρ_x non è prova di coscienza, diagnosi, misura clinica, giudizio sulla persona, misura del valore umano o sostituto di psicologia, medicina o neuroscienze.

L'impiego su persone richiede, quando applicabile, consenso, minimizzazione dei dati, protezione della riservatezza, non discriminazione, supervisione competente e limitazione dello scopo.

10. Confronti con la fisica classica, quantistica e altri modelli

Rispetto alla teoria di Shannon, il P3 include una componente entropica ma non riduce la coerenza alla sola entropia. Una struttura può infatti essere statisticamente regolare senza essere topologicamente stabile o dinamicamente compatibile con la relazione P1.

Rispetto alla termodinamica, ρ_x non è entropia fisica e non misura energia, calore o lavoro. La normalizzazione in $[0,1]$ ha funzione operativa e non attribuisce alla quantità lo statuto di grandezza termodinamica universale.

Rispetto ai sistemi dinamici, ρ_x può ricordare un parametro d'ordine, ma opera su rappresentazioni informazionali e richiede un certificato di dominio.

Rispetto alla coerenza quantistica, ρ_x non misura sovrapposizione, fase relativa, interferenza o decoerenza. Le eventuali analogie restano strutturali e non autorizzano identificazioni fisiche.

Rispetto alla topological data analysis, il P3 può impiegare strumenti topologici, ma li integra entro il formalismo del Corpus senza assumerli come fondamento normativo.

Rispetto alla bioinformatica, alla linguistica computazionale, alla visione artificiale e alle scienze cognitive, il P3 offre un'architettura di raccordo e non sostituisce i metodi specialistici.

Rispetto alla CMDE 4.1, il P3 è compatibile perché mantiene separati il dominio cosmologico e i domini interni. Un eventuale raccordo richiede:

$$t = T_x(\tau)$$

con T_x esplicita, motivata, limitata e verificabile. Le fasi CMDE non diventano automaticamente fasi di test, immagini, sequenze biologiche o stati coscienziali.

11. Interpretazioni filosofiche e narrative

La coerenza informazionale non è il contrario del cambiamento. È la capacità di cambiare senza perdere tracciabilità. Un sistema coerente non è necessariamente immobile. È un sistema che attraversa differenze conservando una forma di riconoscibilità interna.

Un testo è coerente quando le sue parti si richiamano e si trasformano reciprocamente senza dissolvere il filo del senso. Un'immagine è coerente quando regioni, contorni e relazioni partecipano a una forma riconoscibile. Una sequenza biologica è coerente quando conserva vincoli, persistenze e possibilità compatibili con il proprio dominio. Una traiettoria riflessiva è coerente quando mantiene continuità operativa senza confondere stabilità con immobilità o variazione con dispersione.

Il valore ρ_x non esaurisce la realtà del sistema. La rende interrogabile secondo una procedura dichiarata. La massima coerenza non coincide necessariamente con la massima ricchezza informazionale. Un sistema costante può essere regolare ma povero; un sistema complesso può essere ricco ma incoerente; un sistema può essere coerente su una scala e incoerente su un'altra.

Il P3 non premia l'ordine in quanto tale e non condanna la variazione. Misura il rapporto tra trasformazione, persistenza e compatibilità dinamica. La sua universalità non consiste nel ridurre ogni realtà a un solo numero. Consiste nel rendere esplicite le condizioni mediante le quali sistemi differenti possono essere interrogati entro una grammatica comune senza perdere la propria specificità.

12. Conclusione ufficiale di risoluzione

Con il presente Studio il Problema P3 - Metrica universale multi-dominio di coerenza informazionale è dichiarato risolto e chiuso in revisione canonica.

La forma generale è:

$$\text{Coh}_x : \mathfrak{B}_x \rightarrow [0,1]$$

con:

$$\rho_x(\tau) = \text{Coh}_x(W_x(\tau)).$$

La forma aggregata è:

$$\rho_x(\tau) = \alpha_x C_{\text{str},x}(\tau) + \beta_x C_{\text{top},x}(\tau) + \gamma_x C_{\text{att},x}(\tau)$$

con pesi non negativi e somma pari a 1.

La metrica P3 è un funzionale metrico operativo e non una metrica-distanza assiomatica. La componente strutturale misura regolarità o predicibilità normalizzata. La componente topologico-morfologica misura stabilità di forma secondo il P2. La componente dinamico-attualizzativa misura compatibilità con la relazione P1.

Il valore deve essere accompagnato da:

$\Pi_{\rho,x}(\tau)$;

$\text{Cert}_{\rho,x}(\tau)$;

classe di comparabilità;

eventuale calibrazione q_x .

La costruzione cumulativa mediante somme di differenze tra stati è riconosciuta come possibile coordinata di variazione totale e non come definizione universale obbligatoria di z_x .

La comparabilità tra domini differenti non deriva dalla sola normalizzazione in $[0,1]$, ma richiede benchmark e mappe di calibrazione dichiarati.

La monotonia rispetto al rumore è stabilita nella forma corretta: il valore diminuisce necessariamente quando tutte le componenti con peso positivo non aumentano e almeno una diminuisce; non esiste una monotonia generale quando alcune componenti peggiorano e altre migliorano.

La forma $\rho(t)$ è esclusa come forma generale. Nei domini interni si usa $\rho_x(\tau)$. La funzione $z(t)$ resta riservata alla CMDE. Il P3 non modifica P1, P2, CMDE 4.1 o le Sei Leggi.

Entrano stabilmente nel Corpus il funzionale Coh_x , il valore $\rho_x(\tau)$, la decomposizione C_{str} , C_{top} e C_{att} , il profilo Π_{ρ} , il certificato Cert_{ρ} , la classe di comparabilità, la calibrazione multi-dominio, la distinzione tra valore certificato, parziale, esplorativo e non certificabile, i flag di plateau degenerare e silenzio metrico e le condizioni corrette di invarianza, covarianza e monotonia.

Il P3 costituisce pertanto il terzo gradino canonico successivo alla relazione dinamica P1 e alla classificazione topologica P2.

13. Verifica integrata finale

Verifica matematica

La funzione è definita correttamente come valutazione di Coh_x su $W_x(\tau)$. La limitazione in $[0,1]$ discende dalla combinazione convessa. Le condizioni di massimo e minimo sono state qualificate rispetto ai pesi positivi. La distanza da una famiglia è definita mediante infimo. La normalizzazione del residuo richiede una scala positiva e dimensionalmente compatibile. La monotonia rispetto al rumore è formulata mediante le variazioni pesate delle componenti. La comparabilità interdominio richiede calibrazione e non deriva dalla sola normalizzazione.

Verifica fisico-informativa

$z(t)$ resta riservata alla CMDE. τ non coincide implicitamente con t . z_x è una coordinata interna dichiarata. La costruzione cumulativa di variazione totale non è imposta come definizione universale. P1 e P2 sono recepiti senza modifica.

Verifica logica

Le componenti non sono confuse con il valore complessivo. Un risultato parziale non è presentato come completo. L'uguaglianza numerica non è confusa con equivalenza dei sistemi. La dipendenza dal protocollo è esplicita.

Verifica epistemologica

ρ_x misura coerenza secondo un protocollo. Non misura automaticamente verità, salute, coscienza, valore o superiorità. Le applicazioni multi-dominio restano subordinate agli standard dei rispettivi ambiti.

Verifica filosofica

La coerenza è interpretata come continuità controllabile della trasformazione e non come immobilità. Il formalismo non pretende di esaurire il significato dell'oggetto. Il numero conserva il proprio limite e la propria funzione operativa.

Verifica etica

Sono esclusi usi diagnostici, discriminatori, profilativi o valutativi non autorizzati. Le applicazioni su persone richiedono tutela, proporzionalità e limitazione dello scopo.

AUDIT 1 - AUDIT BASI NORMATIVE PRINCIPALI

CMDE 4.1 canonica definitiva

Esito: invariato.

Motivazione: il P3 non modifica $z(t)$, le fasi CMDE, i parametri, le derivate o la validazione cosmologica. Stabilisce anzi una separazione più rigorosa tra dominio cosmologico e domini interni.

Trattato delle Sei Leggi Pre-Universali

Esito: invariato.

Motivazione: il P3 non introduce nuove leggi pre-universali e resta coerente con trasformazione, distinzione, irreversibilità, relazione e spazio rappresentazionale.

Trattato RT sulla Coscienza Universale e sulle traiettorie interne

Esito: richiede addendum.

Motivazione: occorre chiarire mediante addendum tracciato che ρ_x può essere applicata a traiettorie riflessive, ma non coincide con R_x , con il criterio Gamma, con la coscienza o con il contenuto soggettivo.

AUDIT 2 - AUDIT FONDATIVI ESTESI DEL CORPUS

Dichiarazione di Nascita della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: deve essere recepita la metrica indicizzata ρ_x e il principio di comparabilità calibrata.

Introduzione allo Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: occorre introdurre didatticamente la differenza tra z_x , R_x , Φ_x e ρ_x .

Glossario Ufficiale della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: devono essere normate le voci Coh_x , ρ_x , C_{str} , C_{top} , C_{att} , Π_ρ , $Cert_\rho$, protocollo P_x , classe K , calibrazione q_x , plateau strutturale degenerare e silenzio metrico.

Manuale Operativo della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: deve essere inserito il protocollo completo di costruzione, calcolo, certificazione, incertezza e comparabilità.

Appendice Metrica della Fisica Informazionale

Esito: richiede implementazione.

Motivazione: deve recepire il formalismo completo, le condizioni di normalizzazione, la calibrazione, i casi limite e le proprietà formali.

Casi Studio della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: è necessario almeno un caso applicativo P3 con profilo, certificato e analisi di incertezza.

Compendio Didattico Avanzato della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: deve essere illustrata la distinzione tra componenti e valore aggregato, nonché tra comparabilità diretta e calibrata.

Bibliografia Ragionata della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: devono essere contestualizzati teoria dell'informazione, topological data analysis, calibrazione, robustezza statistica e metrologia multi-dominio.

Codice Etico della Fisica Informazionale

Esito: richiede addendum.

Motivazione: devono essere esclusi espressamente profilazione, diagnosi, inferenza di coscienza, discriminazione e giudizio personale basati su ρ_x .

Relazione integrativa al corpus

Esito: richiede addendum.

Motivazione: deve essere narrativamente recepito il passaggio dalla topologia P2 alla coerenza misurabile P3.

Relazione tecnica canonica CMDE 4.1 e validazione riproducibile

Esito: non pertinente al problema trattato.

Motivazione: il P3 non modifica la pipeline o la validazione cosmologica.

Studio avanzato P1

Esito: invariato.

Motivazione: la relazione P1 viene usata senza modifiche.

Studio avanzato P2

Esito: invariato.

Motivazione: il formalismo topologico P2 viene usato senza modifiche.

AUDIT 3 - AUDIT CATENA DEI PROBLEMI P

P1 - Unificazione canonica tra coordinata di trasformazione informazionale indicizzata, traiettoria interna e potenziale di attualizzazione

Esito: piena compatibilità.

Adeguamento richiesto: nessuno.

Motivazione: P3 usa $dR_x = \kappa_x \Phi_x dz_x$ come base di C_att senza modificare la legge.

P2 - Topologia canonica delle traiettorie interne indicizzate

Esito: piena compatibilità.

Adeguamento richiesto: nessuno.

Motivazione: P3 usa firma, distanza, famiglie e criteri di frontiera come base di C_top senza ridefinirli.

Conclusione dell'audit di catena

Il P3 consolida il terzo gradino teorico del ciclo canonico. Non sono richieste correzioni a P1 o P2.