

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, riparametrizzazioni 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 riparametrizzazione 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 riparametrizzazioni 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.