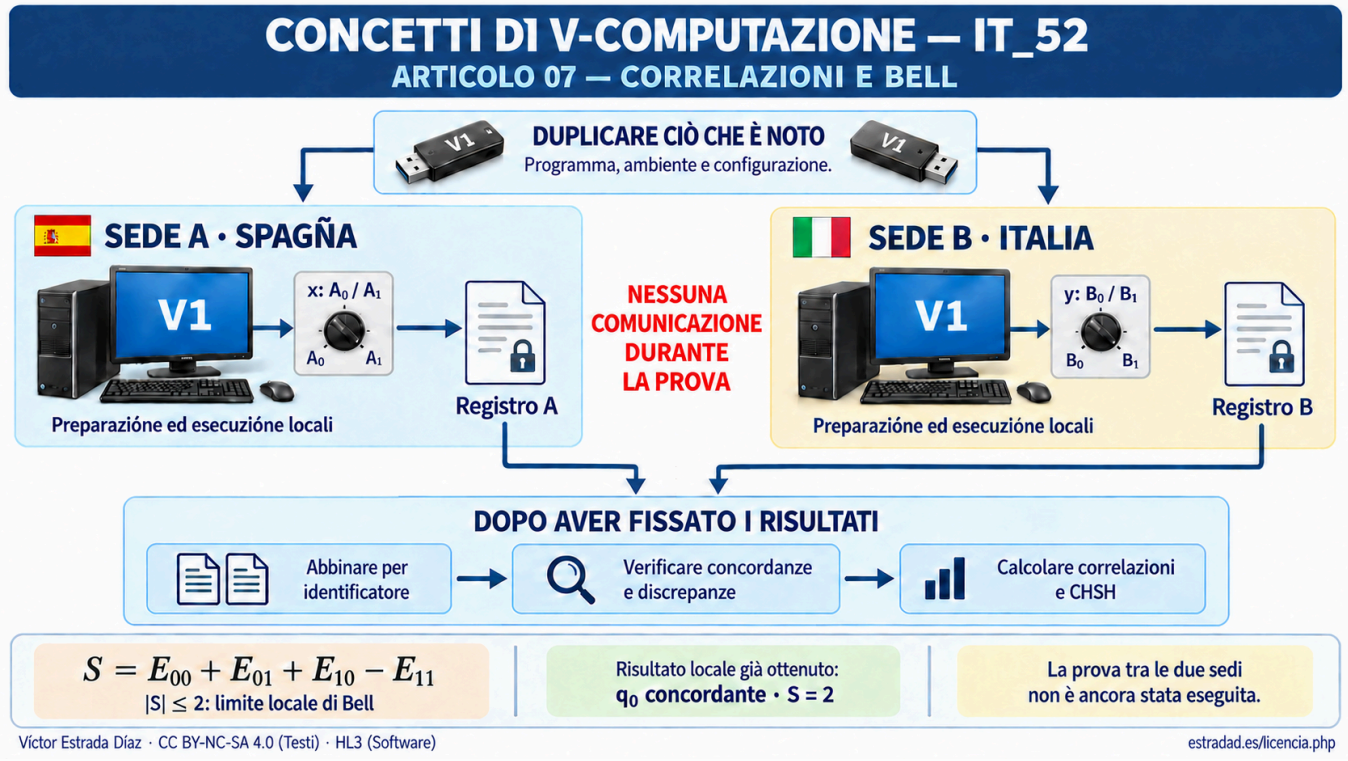
CONCETTI DI V-COMPUTAZIONE — IT_52

ARTICOLO 07 — CORRELAZIONI E BELL



Autore: Víctor Estrada Díaz ORCID: 0000-0001-9942-1021 Progetto: ES_52 Serie: Concetti di V-computazione Stato: Bozza per la revisione dell'autore — non pubblicato

Licenza duale — Etica e uso

Testi: CC BY-NC-SA 4.0. È consentito condividere e adattare i testi attribuendoli all'autore, senza uso commerciale e condividendo gli adattamenti con la stessa licenza. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Codice: HL3 — Hippocratic License 3.0. L'uso commerciale del codice è consentito solo se rispetta i principi etici e le condizioni della licenza. https://firstdonoharm.dev/version/3/0/

Restrizioni etiche dell'autore: sono vietati gli usi per guerre, violazioni dei diritti umani (DDHH), danni ambientali, sfruttamento, sorveglianza di massa e discriminazione.

Principi etici dell'autore: rispetto della dignità umana, nessun uso a scopo di lucro senza autorizzazione e divieto di usi dannosi.

Riferimento della licenza duale e delle condizioni dell'autore: https://estradad.es/licencia.php

1. OGGETTO

Una correlazione esprime una relazione tra risultati. Questo articolo distingue una correlazione costruita mediante relazioni conosciute dalle condizioni specifiche di un test di Bell.

2. UNA RELAZIONE SEMPLICE

Se due uscite binarie soddisfano:

$B = 1 - A$

i loro valori sono opposti. Non conoscere A e B non impedisce di conoscere tale relazione.

Al completamento della lettura si conoscono i valori ottenuti in quell'esecuzione. La relazione permette di interpretarli, ma non trasforma di per sé il dispositivo in un esperimento di Bell.

3. CHE COSA CONFRONTARE

Per confrontare correlazioni occorre identificare gli ingressi, le operazioni e le coppie di risultati appartenenti a ciascuna esecuzione.

Nel processo V di questa serie, il collasso stabilisce il risultato in t_0 e l'acquisizione si completa in t_1. Ogni nuova esecuzione ripete la preparazione richiesta.

Non si aggiungono letture di valori interni sconosciuti durante la preparazione per spiegare le correlazioni.

4. LA PORTATA DI BELL

Le disuguaglianze di Bell limitano le correlazioni di determinate classi di modelli sotto ipotesi esplicite, tra cui località e indipendenza delle scelte di misura rispetto alle variabili condivise.

Gli esperimenti quantistici hanno mostrato violazioni di tali disuguaglianze. Non basta presentare due risultati uguali o opposti per affermare una violazione.

Se una costruzione V condivide informazioni tra le sue parti o riceve congiuntamente le loro impostazioni, tale caratteristica deve essere descritta nel confrontarla con le condizioni di Bell.

È stata effettuata una prova informatica locale di selettori con due processi Python di V1. I suoi risultati e limiti sono presentati nella sezione 6. Non si tratta di un test fisico di Bell senza scappatoie.

5. IL CONTRIBUTO DI V1

La verifica V1/Q1 per Deutsch stabilisce la coincidenza del bit di risposta nelle quattro funzioni binarie considerate.

Tale risultato è un esempio di confronto operativo. Non costituisce di per sé un test di Bell né dimostra le correlazioni di una macchina a più unità.

La prova seguente utilizza esclusivamente la V1 installata, senza modificarne la costruzione. Le costruzioni successive rimangono riservate.

6. PROVA LOCALE DI V1 CON SELETTORI

Due rami ricevono lo stesso ingresso conosciuto dell'oracolo. Ogni ramo dispone di due etichette di selezione, 0 e 1, che identificano copie intercambiabili di V1, non operazioni di misura diverse.

Ogni prova prepara una nuova istanza per ramo. Ogni processo riceve unicamente il proprio selettore locale e l'ingresso comune. Il controllore raccoglie successivamente i due risultati e calcola le correlazioni esternamente.

Sono state effettuate 8.192 prove appaiate, equivalenti a 16.384 esecuzioni di V1: 4.096 prove con selezione ordinata e altre 4.096 con selezione casuale esterna.

Il bit q_0, che risponde al problema di Deutsch, ha coinciso tra i rami e con $f_o(0)$ XOR $f_o(1)$ in tutte le esecuzioni e per i quattro oracoli. I selettori non generano stati né uscite interne di V.

Per ogni coppia di selettori si assegna prodotto +1 se le uscite coincidono e −1 se differiscono. E_{00}, E_{01}, E_{10} ed E_{11} sono le medie di tali prodotti in ciascun gruppo.

La convenzione utilizzata è:

$$S = E_{00} + E_{01} + E_{10} - E_{11}$$

In q_0, entrambe le modalità di selezione hanno dato:

$$E_{00} = E_{01} = E_{10} = E_{11} = 1$$

$$S = 2$$

Pertanto, è stata osservata una concordanza completa nella risposta di Deutsch, ma non una violazione del limite locale di Bell, $|S| \leq 2$.

Le due V1 su uno stesso computer hanno superato le verifiche locali effettuate: coincidenza della risposta di Deutsch e rispetto della disuguaglianza di Bell. Non è stata riscontrata una violazione di tale disuguaglianza nei dati della prova; q_0 ha dato $S = 2$. Superare queste verifiche significa soddisfare tali criteri, non superare il limite di Bell né certificare un test fisico senza scappatoie.

È stato analizzato anche q_1, senza selezionare a posteriori il bit più favorevole. Ha dato $S = 1{,}998046875$ con selezione ordinata e $S = 2$ con selezione casuale.

La prova è stata eseguita su un unico computer con due processi Python. Non sono stati eseguiti Prolog né un allestimento tra Spagna e Italia, e non sono stati certificati isolamento fisico, indipendenza dei riferimenti temporali né assenza di canali laterali. Il controllore conosce entrambe le impostazioni. La selezione ordinata costituisce un controllo, non una prova di indipendenza delle impostazioni.

In questa prova i selettori vengono generati prima di preparare le nuove istanze; non viene certificata una scelta fisica successiva a una preparazione condivisa. Le registrazioni contengono t_0 e durate software, non

una misura indipendente di t_1. Non vi è neppure un confronto temporale con hardware Q.

L'ulteriore verifica esterna delle 16 assegnazioni binarie locali possibili ha dato un massimo $|S| = 2$ e un massimo del 75 % di successi CHSH con impostazioni uniformi. Non fa parte del funzionamento interno di V.

Il risultato corrisponde all'allestimento eseguito. Non decide il comportamento di tutte le costruzioni V. Per studiare alternative di misura diverse occorre definire le operazioni locali, la preparazione condivisa e le condizioni di accesso all'informazione.

Rapporto specifico con formule, tabelle e collegamenti relativi, versione PDF: ./pdfs/IT_52_EnsayoBellV1.pdf

Riepilogo dei risultati: ./datos/ES_52_EnsayoBellV1/resultados.json

Registrazioni complete: ./datos/ES_52_EnsayoBellV1/registros.jsonl

7. ESTENSIONE PROPOSTA A SPAGNA–ITALIA

La verifica può essere estesa a una sede in Spagna e un'altra in Italia, trasferendo un computer o installandovi una copia verificabile di V1. Si portano il codice, il suo ambiente e la preparazione conosciuta; non un'esecuzione in corso né risultati interni sconosciuti già fissati.

Nella variante USB proposta dall'autore si duplicano il programma, l'ambiente e la configurazione conosciuta prima dell'avvio. Ogni sede avvia successivamente il proprio ambiente e prepara la propria esecuzione entro la finestra concordata. Non si copia un'esecuzione preparata in RAM. I rami condividono ciò che è conosciuto, non comunicano durante la preparazione o l'esecuzione ed effettuano unicamente le prove concordate senza connessioni tra loro. Le registrazioni vengono confrontate al termine.

Prima di cominciare, entrambe le sedi concordano identificatori, oracoli, numero di prove e trattamento degli incidenti. Ogni sede prepara una nuova istanza per prova e riceve solo il proprio selettore locale. Nel blocco casuale proposto, tale selettore viene ottenuto esternamente dopo la preparazione e prima dell'innesco. I risultati vengono fissati e salvati senza consultare la selezione o l'uscita remota.

Si registrano i due bit, l'oracolo, il selettore, l'innesco, il completamento dell'acquisizione e gli incidenti. Dopo la chiusura delle registrazioni si scambiano i file e se ne verificano le impronte. L'analizzatore abbina per identificatore, verifica assenze e duplicati, confronta la risposta di Deutsch e calcola le quattro correlazioni e CHSH. Non seleziona coppie favorevoli né nasconde errori.

Il programma locale consegnato non implementa ancora rami autonomi tra sedi né tutte queste registrazioni temporali. Occorrono controllori locali per ramo e un comparatore successivo. Eseguire due volte il programma attuale, una in ogni paese, non equivale a effettuare la prova distribuita.

Se le copie equivalenti continuano a coincidere in q_0, il risultato atteso è di nuovo $S = 2$. Ciò verificherebbe una concordanza delocalizzata, non una violazione di Bell.

Per un test fisico di Bell occorre anche giustificare l'indipendenza delle impostazioni e l'impossibilità di comunicazione durante la prova mediante posizioni, tempi e incertezze registrati. La distanza o il linguaggio non lo garantiscono di per sé. Sono condizioni della verifica esterna, non parti aggiunte alla costruzione di V.

Il riferimento Q con superconduttori ha utilizzato 30 metri nel 2023. Esistono esperimenti fotonici a 1.203 km, pubblicati nel 2017; qui non vengono confusi con due computer Q generali né con condizioni identiche di chiusura delle scappatoie.

Il protocollo dettagliato di preparazione, avvio, registrazioni e confronto si trova nella sezione 9 del rapporto: ./pdfs/IT_52_EnsayoBellV1.pdf

Questa estensione è proposta e non eseguita. I risultati consolidati rimangono quelli della prova locale.

Ogni sede otterrà e conserverà il proprio insieme di registrazioni. Una volta effettuate le prove concordate, si confronteranno entrambi gli insiemi per valutare le correlazioni e il rispetto delle condizioni del test. Il risultato della prova delocalizzata verrà determinato allora, senza darlo per approvato né per respinto in anticipo.

8. CONCLUSIONE

Mettere in relazione valori sconosciuti e verificare correlazioni sono passi distinti dal dimostrare una violazione di Bell.

La prova locale di V1 conserva la risposta di Deutsch tra copie selezionate e dà S = 2. Tale concordanza non è una violazione di Bell. La valutazione di un altro allestimento richiede di descrivere e verificare le sue condizioni specifiche.

9. FONTI

./pdfs/IT_52_EnsayoBellV1.pdf ./datos/ES_52_EnsayoBellV1/resultado_asentado_v1.json Protocollo CHSH: https://quantum.cloud.ibm.com/learning/en/courses/basics-of-quantum-information/entanglement-in-action/chsh-game Fondamento scientifico del Nobel per la Fisica 2022: https://www.nobelprize.org/uploads/2026/05/advanced-physicsprize-2022-5.pdf Esperimento Q con superconduttori, 30 metri: https://www.nature.com/articles/s41586-023-05885-0 Esperimento fotonico con stazioni separate da 1.203 km: https://arxiv.org/abs/1707.01339

RELAZIONE CON LA SERIE

Precedente: ./pdfs/IT_52_06_ConceptosVcomputacion.pdf

Questa fase dell'esposizione termina con l'articolo 07. Le costruzioni successive verranno presentate in una fase ulteriore.

I concetti vengono pubblicati da v-computacion, progetto separato da UNIHOLOG. Il progetto base ES_52 rimane in UNIHOLOG. DEMUESTRA lavorerà sulla versione spagnola di tale progetto base; la sua verifica documentale si limita ai file .md in spagnolo.

PROTOCOLLO LA BELL IN DUE SEDI CON LA STESSA MACCHINA V1

1. DEFINIRE LA CAMPAGNA

Si designano le sedi A, in Spagna, e B, in Italia. Prima dell'esecuzione si concordano l'identificatore della campagna, il numero di prove, gli oracoli conosciuti, gli identificatori di ogni prova e il trattamento di errori e assenze. Si decide di analizzare q_0 come risposta di Deutsch e q_1 separatamente come uscita aggiuntiva.

2. DUPLICARE CIÒ CHE È CONOSCIUTO

Si copiano su due USB il programma V1, i suoi moduli, l'ambiente e la configurazione conosciuta prima dell'avvio. Si annotano le versioni e le impronte SHA-256. Non si duplica un'esecuzione preparata in RAM né si introducono risultati futuri. Una copia rimane in ciascuna sede.

3. VERIFICARE L'INSTALLAZIONE

Ogni sede avvia il proprio computer e verifica localmente i quattro casi conosciuti di Deutsch. Queste esecuzioni di installazione rimangono separate dalla campagna che verrà analizzata. Ogni nuova esecuzione richiede la propria preparazione.

4. CONCORDARE L'AVVIO E ISOLARE I RAMI

Si fissano in anticipo una finestra di avvio e un piano pubblico di identificazione delle prove. Si eliminano dal programma di prova le consultazioni dell'altra sede e si bloccano i canali di scambio durante la preparazione e l'esecuzione. Non si utilizza una risposta remota come condizione per produrre l'uscita locale.

Un orario concordato non dimostra una simultaneità fisica esatta. Se si intende certificare l'isolamento spazio-temporale di Bell, occorre registrare posizioni, scelte, risultati e incertezze degli orologi, secondo il rapporto specifico. Un allestimento privo di questi controlli viene presentato come verifica informatica delocalizzata.

5. PREPARARE LOCALMENTE OGNI PROVA

Per lo stesso identificatore, entrambe le sedi ricevono l'oracolo conosciuto corrispondente e preparano localmente una nuova V1. Si mantengono la mancata conoscenza e l'indipendenza richieste dalla definizione di V. La preparazione non fornisce i valori interni che devono rimanere sconosciuti.

6. EFFETTUARE LA SELEZIONE LOCALE

In ogni ramo vi sono due etichette di selezione: A_0 o A_1 in Spagna e B_0 o B_1 in Italia. In questa ripetizione rappresentano copie equivalenti della stessa V1, non operazioni di misura diverse.

Si può effettuare prima un blocco ordinato di controllo. Nel blocco casuale, ogni selettore esterno locale ottiene il proprio bit dopo la preparazione e prima dell'innesco, senza consultare il selettore remoto. Non si distribuiscono semi o liste congiunte che predeterminino le scelte future del blocco casuale. Si documenta come viene sostenuta l'indipendenza delle impostazioni rispetto alle variabili interne pertinenti.

7. INNESCARE IL COLLASSO E ACQUISIRE IL RISULTATO

Ogni sede innesca il collasso della propria V1 e registra t_0. Il risultato di quell'esecuzione viene stabilito. La lettura acquisisce tale risultato e ne registra il completamento, t_1. Non è necessario che una persona osservi durante il processo: il controllore locale registra i dati automaticamente.

Non si consulta l'altro computer durante questo processo. Una preparazione consumata non viene ripetuta per sostituire un risultato sfavorevole. Se la prova fallisce, si conserva l'incidente con il suo identificatore.

8. CONSERVARE LE REGISTRAZIONI LOCALI

Ogni sede salva, per ogni prova: identificatore della campagna e della prova; oracolo conosciuto; selettore locale; q_0 e q_1; stato di acquisizione; istante della scelta; t_0; t_1; versione e impronta del codice; e incidenti. Si distinguono gli orologi locali da un riferimento temporale comune e se ne annota l'incertezza quando opportuno.

I valori interni necessari per la verifica esterna della coerenza vengono esaminati unicamente dopo il collasso e la misura, secondo la procedura dell'articolo 05. La loro indipendenza non si considera certificata per il solo fatto di eseguire copie in paesi diversi.

9. CHIUDERE I FILE E RIUNIRLI

Una volta fissati i risultati del blocco si chiude ogni file e se ne calcola l'impronta. Successivamente si possono inviare i file tramite rete o trasferirli su USB all'analizzatore esterno. Questo trasferimento successivo non partecipa all'ottenimento delle uscite.

Si verificano le impronte e si abbinano le registrazioni per campagna e identificatore. Si individuano duplicati, assenze, ingressi diversi ed errori. Non si cercano a posteriori coppie che aumentino la coincidenza né si nascondono prove fallite.

10. VERIFICARE LA RISPOSTA DI V1

Si verifica separatamente, in ogni sede, che q_0 soddisfi:

$q_0 = f_o(0) \text{ XOR } f_o(1)$

Si contano le discrepanze tra sedi per ogni oracolo. Questa prima verifica valuta la concordanza funzionale e viene riportata separatamente da CHSH.

11. CALCOLARE LE CORRELAZIONI DI BELL

Per q_0 e poi per q_1 si raggruppano le registrazioni secondo la coppia di selettori: 00, 01, 10 e 11. In ogni gruppo si contano le uscite uguali e diverse:

E_{xy} = (numero di uscite uguali − numero di uscite diverse) / N_{xy}

Ogni gruppo viene normalizzato per il proprio numero di registrazioni. Se manca una coppia di impostazioni, CHSH non è stimabile con tali dati. Si calcola:

$S = E_{00} + E_{01} + E_{10} - E_{11}$

Si riportano il numero di prove per gruppo, gli incidenti, le quattro correlazioni e S per ogni bit. Non si sceglie successivamente soltanto il bit più favorevole.

12. VALUTARE LA NON VIOLAZIONE OSSERVATA

Si confronta il risultato con il limite locale di Bell:

$|S| \leq 2$

Se le uscite coincidono sempre nei quattro gruppi, le quattro correlazioni sono 1 e S = 2. Si riporta che non è stata osservata una violazione in tale campione. Non si trasforma questa osservazione finita in una dimostrazione di assenza di violazione per qualsiasi allestimento o esecuzione futura.

Si valutano anche l'incertezza statistica e le condizioni effettivamente soddisfatte. Un valore stimato maggiore di 2 richiede analisi statistica e audit prima di attribuirlo a una violazione. Un valore stimato minore o uguale a 2 viene descritto come non violazione osservata, non come prova universale di località.

Se si sono verificate perdite o errori, non si attribuisce alle correlazioni dei soli casi riusciti la portata di un test senza scappatoie. Si applica il trattamento concordato e, quando necessario, si dichiara inconcludente tale interpretazione di Bell.

13. CONSOLIDARE IL RISULTATO DELLA CAMPAGNA

Il rapporto finale conserva i due file originali, le loro impronte, il piano preliminare, le versioni, la procedura di selezione, i conteggi e l'analisi. Si distingue espressamente tra concordanza di V1, valore CHSH osservato e condizioni di isolamento e indipendenza verificate.

Nella prova già effettuata su un solo computer vi sono state concordanza completa in q_0 e S = 2. Per Spagna–Italia non si anticipa un risultato: verrà determinato eseguendo e confrontando le registrazioni di entrambe le sedi.

Il controllore distribuito, la scelta successiva alla preparazione e la registrazione separata di t_1 rimangono in attesa di implementazione. Il programma consegnato esegue due rami su un computer; non deve essere presentato come esecutore distribuito già disponibile.

Gli articoli in PDF e i loro file di riferimento sono disponibili sul sito web dell'autore: https://estradad.es
Consultare principalmente i progetti V-COMPUTACION, UNIHOLOG e DEMUESTRA.

Accesso web diretto al protocollo sviluppato e alle sue formule, versione PDF:
https://estradad.es/teorias/pdf/V-COMPUTACION/pdfs/IT_52_EnsayoBellV1.pdf

Collegamento relativo allo stesso PDF all'interno del progetto: ./pdfs/IT_52_EnsayoBellV1.pdf

FINE DELL'ARTICOLO 07