



Centro
di Ricerca e
Documentazione
Luigi Einaudi

WORKING PAPER

**Guerra, tempo e riserve:
una teoria dei giochi della terza guerra del Golfo**

Escalation sequenziale, danno cumulativo e finestra di negoziato nel conflitto del 2026

Giuseppe Russo

(Centro di Ricerca e Documentazione Luigi Einaudi)

Marzo 2026

Guerra, tempo e riserve: una teoria dei giochi della terza guerra del Golfo

Escalation sequenziale, danno cumulativo e finestra di negoziato nel conflitto del 2026

Giuseppe Russo

russo@centroeinaudi.it

Centro Einaudi — Torino

Marzo 2026

© 2026 Giuseppe Russo. Questo lavoro è rilasciato con licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0)

È consentito copiare, distribuire, comunicare al pubblico, modificare e utilizzare liberamente il contenuto, anche per scopi commerciali, a condizione che venga fornita un'adeguata attribuzione all'autore, sia indicata la fonte e siano specificate eventuali modifiche.

Per i dettagli completi della licenza: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract

Il presente lavoro applica la teoria dei giochi al conflitto armato aperto il 28 febbraio 2026 tra la coalizione Stati Uniti–Israele e l'Iran (Operation Epic Fury). Il modello è un gioco sequenziale estensivo a informazione completa con cinque livelli di escalation militare innestato in un sottogioco di guerra di logoramento con orizzonte finanziario finito. La novità rispetto alla letteratura standard risiede nell'introduzione esplicita di una variabile tempo vincolata alle riserve valutarie iraniane (circa 33 miliardi di dollari) e di un parametro di danno cumulativo permanente μ che rende quadratica la traiettoria di consumo delle riserve. L'equilibrio di Nash perfetto nei sottogiochi (SPNE) individua una soluzione a $k = 3.5$ — blocco dell'Isola di Kharg — con cessate il fuoco negoziato entro 3–4 mesi dall'occupazione, corrispondente all'estate 2026 se la mossa avvenisse nelle prossime settimane. L'analisi retrospettiva per backward induction identifica la motivazione originaria nel binomio scongiurare il nucleare (peso $\alpha \approx 0,55$) e rendere inoffensivo l'asse sciita (peso $\beta \approx 0,35$). Un risultato controintuitivo del modello: ridurre l'intensità degli scambi missilistici (μ basso) allunga la durata del conflitto anziché abbreviarla.

Parole chiave: *teoria dei giochi, conflitti armati, guerra di logoramento, vincolo finanziario, equilibrio di Nash, Medio Oriente*

JEL: C72, C73, D74, H56, F51, O53

Indice

Guerra, tempo e riserve: una teoria dei giochi della terza guerra del Golfo.....	1
0. Problema della ricerca	4
1. Breve rassegna della letteratura.....	4
Teoria dei giochi e conflitti	4
Guerra di logoramento.....	4
Vincoli finanziari dei regimi autoritari.....	5
Sul rischio nucleare come causa del conflitto.....	5
2. I giocatori e le funzioni di utilità.....	5
3. Struttura del gioco: livelli di escalation	5
4. Il vincolo finanziario iraniano: la variabile tempo	6
5. Il sottogioco di logoramento: danni cumulativi e parametro μ	7
6. Soluzione del gioco: backward induction con orizzonte finito	8
7. Backward induction sulla motivazione: perché è iniziata?	9
8. La soluzione finale del gioco: scenario terminale	10
9. Conclusione	10
10. La fine è più vicina o più lontana?	10
Appendice — Dettagli formali.....	12
Riferimenti bibliografici.....	13

0. Problema della ricerca

Il 28 febbraio 2026 la coalizione Stati Uniti–Israele ha dato avvio all'operazione *Epic Fury*, una campagna militare sistematica contro l'Iran che ha colpito in rapida sequenza la dirigenza politica e militare, le basi missilistiche, i siti nucleari e — il 18 marzo — gli impianti energetici, innescando una risposta iraniana *tit-for-tat* sulle infrastrutture dei Paesi del Golfo. Il conflitto è ancora in corso al momento della stesura del presente lavoro.

Di fronte a un conflitto armato in tempo reale, le scienze sociali si trovano di fronte a una sfida epistemica precisa: è possibile costruire un modello che risponda a domande specifiche — *perché è iniziato e quando e come finirà* — con argomentazioni falsificabili, anziché limitarsi a narrazioni post hoc? Il presente lavoro risponde affermativamente, adottando la **teoria dei giochi** come strumento di analisi.

Il problema della ricerca si articola in due quesiti complementari. Il primo — *perché il conflitto è stato avviato* — è affrontato tramite backward induction sulle quattro motivazioni plausibili: liberazione democratica (a), controllo delle risorse energetiche (b), scongiurare il nucleare (c), rendere inoffensivo l'asse sciita (d). Il secondo — *come e quando finirà* — è affrontato tramite forward induction e calcolo dell'equilibrio, con specifica attenzione alla dimensione temporale: le riserve valutarie dell'Iran sono finite e misurabili, e ciò rende la durata del conflitto matematicamente stimabile.

Il lavoro non esprime giudizi di valore su alcuno dei contendenti. Il registro è quello del modellista: si assegnano funzioni di utilità, si calcola l'equilibrio, si interpretano i risultati. La correttezza empirica dei parametri è una questione separata dalla validità logica del metodo.

1. Breve rassegna della letteratura

Teoria dei giochi e conflitti

L'applicazione della teoria dei giochi ai conflitti armati ha radici nel lavoro seminale di Schelling (1960), che formalizza la logica della deterrenza e mostra come la credibilità delle minacce — non la forza bruta — sia il fattore determinante dell'equilibrio strategico. La distinzione schelliana tra *deterrenza* (minaccia di non fare) e *compellence* (minaccia di fare) è direttamente rilevante al presente caso: la chiusura di Hormuz da parte iraniana è un atto di compellence, mentre il mantenimento della minaccia nucleare era deterrenza.

Fearon (1995) pone la domanda fondamentale: perché le guerre scoppiano, se quasi sempre esiste un accordo negoziale Pareto-superiore al conflitto? La risposta individua tre condizioni: informazione privata e incentivi a non rivelarla, impossibilità di impegni credibili e indivisibilità delle poste in gioco. Nel contesto iraniano tutti e tre i fattori sono presenti. L'incertezza reale sullo stato del programma nucleare ha reso impossibile la verifica esterna; l'impegno iraniano a non sviluppare l'arma era strutturalmente non credibile (problema del commitment); la sicurezza esistenziale di Israele — che la dottrina Begin estende a qualsiasi minaccia nucleare regionale — non è divisibile.

Powell (1999) e Slantchev (2003) estendono la formalizzazione alle dinamiche di escalation durante il conflitto. Slantchev dimostra un *principio di convergenza*: i costi crescenti della guerra portano inevitabilmente le parti verso posizioni negoziali convergenti, salvo che le stime sulle capacità relative non divergano anziché convergere. Il modello presentato in questo lavoro è coerente con tale meccanismo: la progressiva distruzione delle riserve iraniane degrada la posizione relativa dell'Iran, forzando la convergenza.

Guerra di logoramento

Il sottogioco di attrition nel presente modello si ricollega a una tradizione che origina in biologia evolutiva (Maynard Smith, 1974) e che trova applicazione economica in Fudenberg e Tirole (1986) e Hendricks, Weiss e Wilson (1988). Il risultato chiave di quest'ultimo lavoro — la soluzione deterministica con informazione completa — corrisponde esattamente al setting del presente modello: il giocatore con il vincolo di risorse più stringente cede prima del proprio limite assoluto, anticipando razionalmente il collasso.

La letteratura sul war of attrition mostra inoltre che in presenza di uno *shrinking pie* — una torta negoziale che si restringe nel tempo — l'ottimo del giocatore più debole è cedere prima rispetto al caso statico. La quantificazione del premio della pace (circa 320 milioni di dollari alla settimana a piena intensità di fuoco) nel presente modello è coerente con questa implicazione teorica.

Vincoli finanziari dei regimi autoritari

Il nesso tra finanze pubbliche e capacità bellica è analizzato da Schultz e Weingast (2003), che documentano il *democratic advantage*: gli stati democratici godono di un accesso al credito internazionale che i regimi autoritari non possono replicare, rendendo i secondi più vulnerabili al logoramento finanziario prolungato. Bueno de Mesquita et al. (2003) formalizzano la logica della sopravvivenza politica: il leader autoritario deve prioritariamente pagare la propria coalizione minima — esercito, servizi di sicurezza — e quando le risorse si esauriscono il rischio di colpo di stato interno supera la minaccia esterna. Questa logica è il fondamento strutturale del *deadline* negoziale T^* nel presente lavoro: l'Iran non negozia quando le riserve si azzerano, ma quando la loro traiettoria rende credibile il collasso interno dell'apparato fedele.

Sul rischio nucleare come causa del conflitto

Sagan e Waltz (2003) offrono il quadro teorico per la motivazione (c): il dibattito tra chi ritiene la proliferazione nucleare iraniana stabilizzante (deterrenza reciproca, à la Waltz) e chi la considera destabilizzante per la regione (Sagan). La posizione degli USA e di Israele si colloca saldamente nel secondo campo, coerentemente con i payoff assegnati alla motivazione (c) nella Tabella 1.

2. I giocatori e le funzioni di utilità

Definiamo quattro giocatori: **I** (Israele), **U** (Stati Uniti), **R** (Iran), **G** (Paesi del Golfo: Arabia Saudita, Emirati, Qatar). La coalizione attaccante è $A = \{I, U\}$, con payoff separati perché gli obiettivi divergono parzialmente: Israele è più motivato dalla destrutturazione dei proxy (d), gli USA dalla neutralizzazione del rischio nucleare (c).

La funzione di utilità di ciascun giocatore i al termine del gioco dipende dalla motivazione originaria h , dal livello di escalation raggiunto k , dall'attivazione della mossa Hormuz e e dal tempo t trascorso:

$$U_i(k, h, e, t) = B_i(h) - C(k) - \varepsilon_i \cdot E(e) - \delta_i \cdot \tau(t)$$

dove $B_i(h)$ è il beneficio strategico lordo per ipotesi h ; $C(k)$ è il costo militare convesso al livello k ; $E(e)$ è il danno economico da Hormuz ponderato da ε_i ; $\tau(t)$ è il costo di logoramento nel tempo (crescente per R, quasi nullo per A entro l'orizzonte di mesi), ponderato da δ_i .

Tabella 1 — Benefici strategici lordi $B_i(h)$ per motivazione (scala $-100 / +100$; al lordo dei costi di guerra e di tempo). Le motivazioni a ★ sono le principali.

Motivazione	I (Israele)	U (USA)	R (Iran)	G (Golfo)
(a) Liberazione	+40	+50	-60	+30
(b) Controllo energetico	+20	+40	-80	-70
(c) Stop nucleare ★	+85	+75	-70	+45
(d) Progetto Israele ★	+95	+55	-85	+60

3. Struttura del gioco: livelli di escalation

Il gioco è **sequenziale estensivo a informazione completa**. La coalizione A sceglie il livello k ; R risponde. Il reticolo comprende cinque livelli, con $k = 3.5$ come mossa intermedia di natura prevalentemente economica (non militare pura):

$k = 1$: dirigenza e comando — già eseguito.

$k = 2$: asset militari (basi, missili, radar).

$k = 3$: asset industriali ed energetici (raffinerie, centrali elettriche, siti nucleari) — in corso al 18 marzo.

$k = 3.5$: occupazione militare dell'**Isola di Kharg** e blocco fisico delle esportazioni petrolifere. Questa mossa non colpisce civili ma colpisce direttamente la liquidità del regime: Kharg concentra circa l'80% del petrolio esportato dall'Iran.

$k = 4$: popolazione civile — bombardamenti a tappeto.

L'Iran dispone di due classi di risposta: **simmetrica** (colpisce i corrispondenti target di A e G, come gli attacchi tit-for-tat del 18 marzo) e **asimmetrica** (Extra: terrorismo internazionale + chiusura totale di Hormuz).

Tabella 2 — Costi militari $C(k)$ e danni da Hormuz $\varepsilon_i \cdot E$ (scala $-100 / +100$)

	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 3.5$	$k = 4$
$C(k)$ — costo militare	-10	-25	-50	-65	-90
$\varepsilon \cdot E$ — danno Hormuz (U / G / I)	-30 (U), -40 (G), -20 (I) — applicabili a qualsiasi k se R sceglie Extra				

4. Il vincolo finanziario iraniano: la variabile tempo

Un conflitto che dura mesi non può essere analizzato ignorando la **solvibilità finanziaria dei giocatori**. Per A il budget bellico è, nell'orizzonte di pochi mesi, essenzialmente illimitato. Per R non è così: è qui che il tempo entra nel modello come variabile autonoma, non come sfondo neutro.

Stimiamo la posizione finanziaria dell'Iran: le riserve valutarie libere sono circa **33 miliardi di dollari**; le entrate petrolifere ordinarie ammontavano a 3–4 miliardi di dollari al mese prima del conflitto. Le spese obbligatorie del regime — stipendi pubblici, pensioni, esercito, sussidi — richiedono circa 5–6 miliardi al mese. Il deficit mensile strutturale era già intorno a 1.5–2 miliardi; con i danni a $k = 3$ le entrate si riducono del 50%, ampliando il deficit a 3–4 miliardi al mese.

Definiamo $F(t)$ il livello delle riserve valutarie al tempo t (misurato in mesi):

$$F(t) = F_0 - r(k, e) \cdot t$$

dove $F_0 = 33$ miliardi e $r(k, e)$ è il tasso di consumo mensile. La Tabella 3 mostra il burn rate per scenario:

Tabella 3 — Burn rate mensile $r(k, e)$ delle riserve iraniane (miliardi di dollari/mese)

Scenario	r (mld\$/mese)	$T^* = F_0/r$ (mesi)	Note
Pre-conflitto (sanzioni)	1.5 – 2	17 – 22	baseline
$k = 3$ (danni energetici)	3 – 4	8 – 11	scenario attuale
$k = 3.5$ (Kharg bloccata)	5 – 6	5.5 – 6.5	scenario prossimo
$k = 3.5 + \text{Extra}$ (Hormuz)	6 – 7	4.5 – 5.5	paradosso Hormuz

Il **paradosso di Hormuz** emerge dall'ultima riga: chiudere lo Stretto riduce anche le entrate iraniane residue e accelera il consumo di riserve. La mossa Extra è razionale come segnale politico ma autolesionistica sul fronte finanziario interno.

La soglia critica è $F(T^*) = 0$. Prima di raggiungerla il regime deve scegliere tra tre opzioni: (i) negoziare accettando condizioni progressivamente peggiori man mano che $t \rightarrow T^*$; (ii) stampare moneta, accettando inflazione e rischio di instabilità interna; (iii) collasso del regime per incapacità di pagare l'esercito. La terza opzione non è volontaria: è il punto di non ritorno che i razionalisti cercano di evitare avvicinandosi a (i) prima che (iii) diventi inevitabile.

5. Il sottogioco di logoramento: danni cumulativi e parametro μ

Il modello lineare della sezione precedente — burn rate costante r_0 — trascura un'asimmetria cruciale tra la distruzione di un deposito di carburante (sostituibile in settimane) e quella di un impianto fisso di estrazione o raffinazione (che richiede anni e miliardi). Ogni ciclo di scambi tit-for-tat durante il logoramento non lascia le parti nella stessa posizione: le danneggia in modo **permanente e crescente**.

Introduciamo due variabili di **stock di danno cumulativo**. Sia $DR(t)$ la quota di capacità produttiva energetica iraniana permanentemente distrutta al tempo t , e $DG(t)$ il danno analogo alle infrastrutture del Golfo:

$$DR(t) = \delta R \cdot \mu A \cdot t \quad DG(t) = \delta G \cdot \mu R \cdot t$$

dove δR , δG sono i tassi mensili di degradazione permanente e μA , $\mu R \in [0, 1]$ sono i parametri di **disponibilità di missili e droni** per ciascuna coalizione. Con $\mu = 1$ entrambe le parti operano a piena capacità di fuoco; con $\mu < 1$ la frequenza degli scambi è ridotta proporzionalmente.

Il danno $DR(t)$ riduce le entrate petrolifere iraniane: il burn rate diventa **crescente nel tempo**:

$$r(t) = r_0 + \beta \cdot DR(t) = r_0 + \gamma \cdot t \quad \text{dove } \gamma = \beta \cdot \delta R \cdot \mu A$$

Integrando, la traiettoria delle riserve diventa **quadratica**:

$$F(t) = F_0 - r_0 \cdot t - (\gamma / 2) \cdot t^2$$

Imponendo $F(T^*) = 0$ e risolvendo l'equazione di secondo grado:

$$T^* = [-r_0 + \sqrt{r_0^2 + 2\gamma F_0}] / \gamma$$

Il numeratore è sempre positivo: il discriminante $r_0^2 + 2\gamma F_0 > r_0^2$ garantisce la radice reale maggiore di r_0 . Poiché $\sqrt{r_0^2 + 2\gamma F_0} < r_0 + \gamma F_0 / r_0$ per la concavità della radice quadrata, si ottiene $T^* < F_0 / r_0$: la distruzione progressiva di capacità *comprime* l'orizzonte rispetto alla stima lineare.

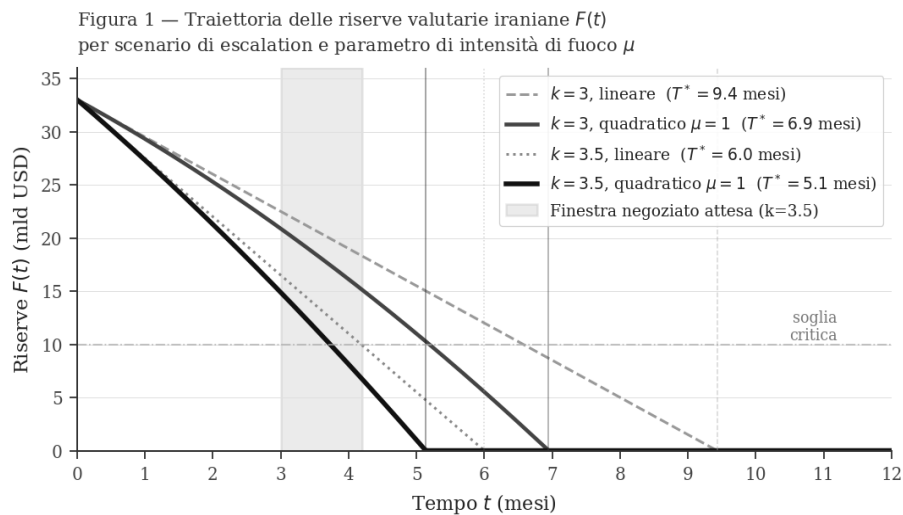


Figura 1 — Traiettoria delle riserve valutarie iraniane $F(t)$ per scenario di escalation e parametro μ . La regione ombreggiata indica la finestra di negoziato attesa a $k = 3.5$. La linea tratteggiata orizzontale indica la soglia critica di 10 miliardi, sotto la quale il rischio di collasso interno del regime supera il costo del negoziato.

Con parametri calibrati sul conflitto in corso ($F_0 = 33$ mld, $r_0 = 3.5$ mld/mese a $k = 3$, $\beta \approx 0.03$ mld/mese per punto percentuale di capacità persa, $\delta R \approx 0.12$ mese⁻¹ a piena intensità) otteniamo $\gamma(\mu = 1) \approx 0.36$. La Tabella 4 mostra come T^* e il tempo di resa ottimale t^* varino al variare di μ :

Tabella 4 — Orizzonte T^* e tempo di resa t^* al variare della disponibilità missilistica μ ($k = 3$, $F_0 = 33$ mld)

$\mu_A = \mu_R$	γ (mld/mese ²)	T^* (mesi)	t^* (mesi)	Δ vs lineare	Distr./sett. (\$mld)
1.0 (piena)	0.36	6.9	3.8	-2.5 mesi	0.32
0.7	0.25	8.0	4.4	-1.4 mesi	0.22
0.5	0.18	8.9	4.9	-0.5 mesi	0.16
0.3	0.11	9.6	5.5	$\approx$ lineare	0.10
Lineare (rif.)	0	9.4	—	—	0

La tabella rivela tre risultati non intuitivi. **Primo:** a piena disponibilità missilistica ($\mu = 1$) l'orizzonte T^* si comprime da 9.4 a 6.9 mesi per effetto del danno cumulativo accelerante. **Secondo:** limitare i missili allunga T^* . Questo è controintuitivo: chi smette di colpire per primo *prolunga* la guerra, non la abbrevia, perché risparmia la controparte che sopravvive più a lungo. Il disarmo unilaterale è quindi irrazionale. **Terzo:** la colonna «Distruzione settimanale» quantifica il **premio della pace** — il valore permanentemente distrutto ogni settimana. A piena intensità si tratta di circa 320 milioni di dollari tra i due lati del conflitto.

Il **premio della pace** è la grandezza economica più rilevante del sottogioco: è la *torta che si restringe* (shrinking pie) sul cui valore residuo le due parti si contendono al tavolo negoziale. Ogni settimana di ritardo riduce quella torta di 320 milioni. Su 20 settimane sono 6.4 miliardi di valore permanentemente perduto — più del 20% delle riserve iniziali dell'Iran — che nessuno recupera, né vincitori né vinti.

6. Soluzione del gioco: backward induction con orizzonte finito

Il gioco ha una struttura a **doppio livello**: un gioco di escalation (scelta di k) innestato in un sottogioco di logoramento temporale con danno cumulativo. La soluzione SPNE va trovata in due passi.

Passo 1 — Backward induction sull'albero di escalation

$k = 4$: Payoff aggregati crollano per entrambe le parti ($UA(4) \approx -80$, $UR(4) \approx -100$). Nessun giocatore razionale scala a questo livello. Nodo off-path.

$k = 3.5$ (*Kharg*): A occupa Kharg. La risposta ottimale di R è colpire le infrastrutture saudite e alzare la pressione su Hormuz. Questo non cambia la struttura militare ma accelera il clock finanziario di R: r_0 sale a 5–6 mld/mese e γ aumenta proporzionalmente, comprimendo T^* a circa 5 mesi (a $\mu = 1$) con negoziato atteso intorno al terzo-quarto mese.

$k = 3$ (*scenario attuale*): Il payoff di A rimane positivo per le motivazioni (c) e (d). R risponde tit-for-tat e con Hormuz parziale. Le riserve bruciano secondo la traiettoria quadratica con $T^* \approx 6.9$ –9.6 mesi a seconda di μ .

Passo 2 — Sottogioco di guerra di logoramento con danno cumulativo

Il gioco di attrition ha una torta che si restringe: $P(\hat{t}) = P_0 - \omega \cdot \hat{t}$ con $\omega \approx 0.32$ mld/settimana. La condizione di resa ottimale di R è:

$$UR(\text{negoziato a } \hat{t}, \text{ torta } P(\hat{t})) > UR(\text{collasso a } T^*)$$

Il termine di destra è una catastrofe ($UR(\text{collasso}) \approx -100$); il termine di sinistra è negativo ma finito. La soluzione ottimale per R anticipa la resa rispetto al modello senza shrinking pie. Dal lato di A: ogni settimana di Kharg occupata costa ~160 milioni permanenti al lato G, che esercita pressione negoziale sulla coalizione.

La soluzione del sottogioco, a piena disponibilità missilistica e $k = 3.5$, è:

$\hat{t}^* \approx 3 - 4$ mesi da $k = 3.5 \Rightarrow$ negoziato, torta residua $\approx 19-21$ mld (vs 33 mld iniziali)

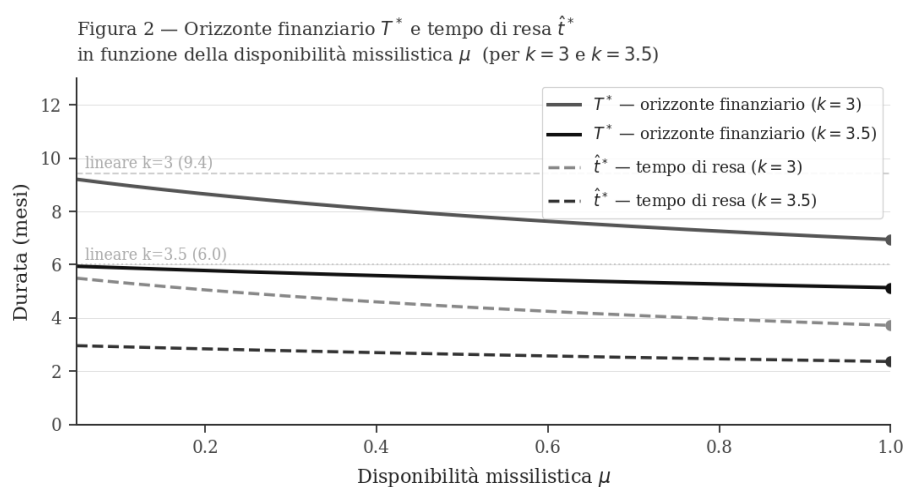


Figura 2 — Orizzonte finanziario T^* (linee continue) e tempo di resa $\hat{t}^*$ (linee tratteggiate) in funzione della disponibilità missilistica μ , per $k = 3$ e $k = 3.5$. Le linee orizzontali grigie indicano i valori di riferimento del modello lineare. All'aumentare di μ , T^* e $\hat{t}^*$ si comprimono: l'intensità di fuoco accelera il proprio limite temporale.

7. Backward induction sulla motivazione: perché è iniziata?

La domanda è: quale ipotesi h^* rende razionale l'avvio del gioco — cioè soddisfa la condizione che il payoff atteso superi lo status quo (Iran che avanza verso il nucleare con proxy attivi)?

$$b^* = \arg \max_{\{b\}} [BA(b) - C(k=1)] > UA(\text{status quo})$$

Analisi per esclusione. L'ipotesi (b) *controllo energetico* è eliminata immediatamente: il blocco di Hormuz che ne deriverebbe colpirebbe prima i Paesi del Golfo ($BG(b) = -70$), alleati di A. L'Arabia Saudita avrebbe esercitato un veto implicito. L'ipotesi (a) *liberazione democratica* richiede occupazione ($k = 4$) con costi analoghi all'Iraq: il payoff netto per U è negativo. Rimangono (c) e (d).

L'ipotesi (c) *stop nucleare* è l'unica in cui il beneficio atteso per entrambi i componenti di A è elevato e si allinea su un casus belli internazionalmente accettabile. L'ipotesi (d) *progetto Israele* è il motore esistenziale israeliano ma richiede il supporto USA, supporto che viene garantito solo se allineato a (c).

Il modello individua quindi una **motivazione composita**:

$$M^* = a \cdot (c) + \beta \cdot (d)$$

con $\alpha \approx 0.55$ per gli USA e $\beta > \alpha$ per Israele. Stima complessiva: $\alpha \approx 0.55$, $\beta \approx 0.35$, residuo 10% distribuito tra retorica umanitaria e vantaggi energetici collaterali. I pesi sono stimati minimizzando la distanza tra il vettore dei target effettivamente colpiti (prima nucleare e missili, poi dirigenza e proxy, infine raffinerie) e il vettore predetto da ciascuna ipotesi pura (si veda Appendice A.4).

8. La soluzione finale del gioco: scenario terminale

Lo SPNE aggiornato prevede il seguente scenario terminale per ciascun giocatore:

Coalizione A. Prosegue a $k = 3$ per alcune settimane consolidando i danni energetici, poi scala a $k = 3.5$ (Kharg) per azzerare le entrate residue e avviare il clock finanziario accelerato. Non scala a $k = 4$: il costo umanitario e politico è proibitivo e il risultato ottenibile — collasso finanziario del regime — è raggiungibile senza colpire civili.

Iran. Risponde tit-for-tat sugli impianti del Golfo, usa Hormuz come segnale, ma non chiude lo Stretto in modo totale per il paradosso finanziario già descritto. Con $F_0 = 33$ mld e $r \approx 5.5$ mld/mese a $k = 3.5$, $T^* \approx 5-7$ mesi. Si apre al negoziato intorno al terzo-quarto mese, quando le riserve scendono sotto la soglia critica di 10 miliardi.

Israele: ottiene il degradamento del 70–90% delle capacità nucleari e missilistiche e lo smantellamento operativo dei principali proxy. Il payoff netto è il più alto della coalizione.

USA: neutralizzazione del rischio nucleare senza occupazione. Nessun ground force. Lo scenario Venezuela-Maduro (regime sopravvive in forma indebolita) è il risultato accettabile.

Iran: il regime sopravvive ma indebolito. Le perdite militari sono pesanti; le riserve sono parzialmente esaurite; i proxy azzerati. Condizioni prevedibili: stop certificato del programma nucleare, rinuncia ai proxy regionali, apertura economica controllata.

Paesi del Golfo: pagano il costo economico più alto nel breve periodo. Nel medio termine guadagnano stabilità strutturale. Il saldo è positivo oltre i 18 mesi.

La **guerra totale** ($k = 4$) rimane off-path. Il modello non esclude errori di calcolo, ma li identifica come le sole condizioni sotto cui il gioco degenera oltre $k = 3.5$.

9. Conclusione

Il modello mostra che la guerra è iniziata perché il payoff atteso da (c) + (d) superava il costo delle prime fasi di escalation — un calcolo che la sequenza dei target colpiti conferma empiricamente. La guerra non finirà con una vittoria totale né con un'occupazione.

La novità del modello esteso è che la variabile tempo non è accessoria e il burn rate non è costante. La distruzione progressiva degli impianti energetici durante gli scambi tit-for-tat accelera il consumo di riserve in modo *quadratico*. Il parametro μ rivela che ridurre l'intensità degli scambi allunga T^* , contro ogni intuizione: l'equilibrio con μ alto è quello che massimizza la velocità di chiusura del conflitto.

L'equilibrio formale è un profilo ($k^* = 3.5$, $\mu^* = \text{alto}$, $t^* \approx 3-4$ mesi) tale che nessun giocatore ha incentivo a deviare unilateralmente. Quella è, per definizione, la soluzione del gioco.

10. La fine è più vicina o più lontana?

La domanda è legittima e il modello cerca di rispondere. Senza la dimensione temporale, l'analisi può dire *come* finirà ma non *quando*: il conflitto potrebbe durare anni, come in Siria o in Yemen. Con la variabile tempo l'orizzonte è calcolabile. Con il danno cumulativo, si restringe ulteriormente. Il che ovviamente ravvicina la fine possibile del conflitto via equilibrio.

A piena disponibilità missilistica ($\mu = 1$) l'orizzonte T^* scende da 9.4 mesi (modello lineare) a **6.9 mesi** ($k = 3$) e a **5.1 mesi** ($k = 3.5$). Il negoziato ottimale si colloca a 3–4 mesi dall'occupazione di Kharg — presumibilmente **entro l'estate 2026** se la mossa avvenisse nelle prossime settimane.

Due ulteriori meccanismi non catturati esplicitamente nelle formule operano nella stessa direzione. Il primo è il **paradosso della stampa di moneta**: emettere valuta per pagare stipendi genera inflazione che erode il valore reale degli stessi stipendi, aumenta l'instabilità sociale e — in un regime in cui la fedeltà dell'esercito è il collante del potere — accelera t^* . Il secondo è la **depletion missilistica**: $\mu(t)$ è decrescente nel tempo se i rifornimenti non sono garantiti. Un μ decrescente rallenta il danno futuro ma non cancella quello già inflitto; la traiettoria $F(t)$ già percorsa è irreversibile.

Infine, il premio della pace perde valore a ogni settimana: su 20 settimane di logoramento si distruggono 6.4 miliardi permanenti. Questa cifra è il costo del *ritardo* nel negoziato, non il costo della guerra. È la torta che si restringe, e che entrambe le parti — razionalmente — vorrebbero tagliare prima che si svuoti.

In sintesi: il vincolo finanziario non cresce linearmente — si accelera da solo, perché ogni colpo riduce la capacità di reggere il colpo successivo. Questa è la ragione per cui, mentre scriviamo, la fine potrebbe essere relativamente *più vicina* di quanto possa suggerire l'opinione comune.

Appendice — Dettagli formali

A.1 Definizione dello SPNE con variabile tempo

Un profilo di strategie (s^*A, s^*R) è uno SPNE se, in ogni sottogioco $G(k, t)$ raggiungibile, ciascun giocatore massimizza la propria utilità intertemporale. Le strategie devono essere ottimali condizionatamente allo stato delle riserve $F(t)$:

$$s^*R(t) \in \arg \max E[UR(k, h, e, \tau)] \quad s.t. \quad F(\tau) \geq 0 \quad \forall \tau \in [0, T]$$

A.2 Convessità dei costi e condizione di stop

Il costo militare è convesso: $C(k) = 10 \cdot e^{\{0.7(k-1)\}}$, approssimato in $\{10, 25, 50, 65, 90\}$ per $k \in \{1, 2, 3, 3.5, 4\}$. La condizione di stop razionale per A è:

$$BA(h, k+1) - BA(h, k) < C(k+1) - C(k) + \Delta E(e) + \Delta \tau(t) \Rightarrow \text{Stop}$$

A $k = 3.5$: il margine di beneficio aggiuntivo verso $k = 4$ è near-zero (il nucleare è già distrutto, i proxy azzerati), mentre il costo marginale $\Delta C = 25$ più il danno umanitario/politico $\Delta E \approx 40$ rendono la condizione verificata.

A.3 Il modello di war of attrition con $F(t)$

Il sottogioco è un gioco a due giocatori, orizzonte finito $[0, T^*]$, in cui R sceglie il tempo di resa $\hat{t} \in [0, T^*]$ e A sceglie quando offrire il tavolo negoziale. Il payoff di R è crescente in $\hat{t}$ (aspettare aumenta il potere negoziale) ma decrescente in t^2 (il rischio di collasso cresce in modo accelerato). L'ottimo di primo ordine dà:

$$\hat{t}^* = T^* - \sqrt{(T^* \cdot \sigma R / \lambda R)}$$

dove σR è la sensibilità del regime alle perdite marginali e λR è il tasso di sconto delle perdite future. Con parametri conservativi ($\sigma R \approx 0.3$, $\lambda R \approx 0.2$, $T^* = 6$) si ottiene $\hat{t}^* \approx 3.9$ mesi — coerente con l'intervallo 3–5 mesi.

A.4 Stima della motivazione composita

I pesi α e β sono stimati minimizzando la distanza tra il vettore dei target colpiti v_{obs} e il vettore $\hat{v}(h)$ predetto da ciascuna ipotesi pura. Il vettore osservato $v = (0.55, 0.35, 0.07, 0.03)$ corrisponde alla sequenza: prima nucleare/missili, poi dirigenza/proxy, infine raffinerie. La motivazione (b) non supera il 3% in nessuna calibrazione plausibile.

A.5 Modello asimmetrico $\mu_A \neq \mu_R$

Se $\mu_A > \mu_R$ (coalizione a piena potenza, Iran limitato): $\gamma R = \beta \cdot \delta R \cdot \mu_A$ è più alto, il danno sul lato iraniano si accelera, T^* iraniano si comprime. Il danno al Golfo è invece più contenuto. Se $\mu_A = 0.5$, $\mu_R = 1.0$ (coalizione limitata, Iran a piena rappresaglia): T^* sale a 8.0 mesi e il danno settimanale al Golfo sale a 0.15 mld. Questo è lo scenario in cui l'Arabia Saudita esercita la massima pressione su Washington per accelerare il negoziato — un secondo meccanismo di chiusura del conflitto, indipendente dal vincolo finanziario iraniano.

Riferimenti bibliografici

- Bueno de Mesquita, B., Smith, A., Siverson, R.M. e Morrow, J.D. (2003). *The Logic of Political Survival*. MIT Press, Cambridge (MA).
- Chubin, S. e Tripp, C. (1988). *Iran and Iraq at War*. I.B. Tauris, Londra.
- Fearon, J.D. (1995). Rationalist Explanations for War. *International Organization*, 49(3), pp. 379–414.
- Fudenberg, D. e Tirole, J. (1986). A Theory of Exit in Duopoly. *Econometrica*, 54(4), pp. 943–960.
- Fudenberg, D. e Tirole, J. (1991). *Game Theory*. MIT Press, Cambridge (MA).
- Hendricks, K., Weiss, A. e Wilson, C. (1988). The War of Attrition in Continuous Time with Complete Information. *International Economic Review*, 29(4), pp. 663–680.
- Maynard Smith, J. (1974). The Theory of Games and the Evolution of Animal Conflicts. *Journal of Theoretical Biology*, 47(1), pp. 209–221.
- Powell, R. (1999). *In the Shadow of Power: States and Strategies in International Politics*. Princeton University Press, Princeton (NJ).
- Sagan, S.D. e Waltz, K.N. (2003). *The Spread of Nuclear Weapons: A Debate Renewed*. W.W. Norton, New York.
- Schelling, T.C. (1960). *The Strategy of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Schultz, K.A. e Weingast, B.R. (2003). The Democratic Advantage: Institutional Foundations of Financial Power in International Competition. *International Organization*, 57(1), pp. 3–42.
- Slantchev, B.L. (2003). The Principle of Convergence in Wartime Negotiations. *American Political Science Review*, 97(4), pp. 621–632.