

Metodologie di determinazione del prezzo di acquisto e vendita delle cripto-attività

Cryptosmart Spa

31 Luglio 2025

1 Premessa

Cryptosmart adotta tre distinte metodologie di pricing:

- Una *metodologia* che si **basa sui prezzi di mercato**, calcolati come mediana di fonti esterne (vari exchange ad alta liquidità), unita a stime di volatilità su un orizzonte di 10 minuti e a una funzione di slippage su fasce di controvalore.
- Una *metodologia basata sulla media ponderata dei livelli di prezzo* associati all'ordine, **aggiornati in tempo reale** (inferiore al secondo), che espone Cryptosmart a minor rischio di mercato e perciò permette di offrire prezzi con spread più bassi e competitivi, ma risulta più adatta a clienti con maggiore esperienza che utilizzano l'interfaccia utente "pro" della piattaforma Cryptosmart.
- Una *metodologia priva di riferimento di mercato*, basata su una formula matematica predeterminata da Cryptosmart, per crypto-asset di nuova emissione o illiquidi altrove.

2 Stima della volatilità a 10 minuti

Le metodologie di determinazione del prezzo **basate su un prezzo di riferimento di mercato** (Sezione 3) e **basate sulla media ponderata real-time** (Sezione 4) richiedono di stimare la *volatilità* attesa su un **orizzonte di 10 minuti** σ_{t+10} , al fine di introdurre un margine di sicurezza (buffer) contro movimenti di prezzo *repentini*.

2.1 Orizzonte temporale delle operazioni

Viene considerato un orizzonte temporale di 10 minuti, ritenuto sufficiente perché *Cryptosmart* possa liquidare o rifornire il proprio inventario di criptovalute. Tale arco di tempo risulta necessario per effettuare gli spostamenti *on-chain*, ottenere le relative conferme (*block validation*) ed eseguire operazioni di liquidazione o formazione dell'inventario presso gli altri exchange.

A fini di protezione dal *rischio di variazioni di prezzo* in questo orizzonte di 10 minuti, si utilizza la *volatilità* σ_{t+10} per coprire un intervallo di confidenza intorno al 95%, si impiega un buffer di circa $1.96 \times \sigma_{t+10}$ così da avere uno scostamento che tutela Cryptosmart da movimenti repentini sia verso l'alto sia verso il basso.

2.2 Distribuzione dei prezzi e modelli di previsione

Si assume l'ipotesi che le **variazioni dei prezzi logaritmiche** abbiano distribuzione (circa) normale. Ai fini della protezione dal rischio di movimenti repentini di prezzo, si associa a σ_{t+10} un buffer di circa 2 deviazioni standard ($1.96 \times \sigma$), in modo coerente con un intervallo di confidenza al 95%. Il *drift* μ_{10m} atteso su 10 minuti (ossia la parte sistematica di crescita o calo dei prezzi)

può, dato il breve orizzonte temporale, anche essere approssimato a zero se non si hanno evidenze di trend particolari in quell'intervallo.

La scelta del modello di volatilità (fra quelli sotto elencati) avviene selezionando il modello sulla base del *miglior fitting* osservato storicamente su ciascuna criptovaluta. Dunque, *uno* solo dei tre modelli riportati in seguito viene adottato per ciascuna criptovaluta a seconda di quale risulti più efficace:

2.3 Rolling window di 24 ore

Un approccio semplice consiste nel calcolare la **deviazione standard** delle *variazioni dei prezzi logaritmiche (log-returns)* ogni 10 minuti, su un intervallo mobile di 24 ore, e ipotizzare che i successivi 10 minuti siano in linea con le ultime 24 ore di comportamento del mercato. Ad esempio:

$$\sigma_{\text{roll}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (r_{t-k})^2} \quad \text{dove } r_{t-k} = \ln\left(\frac{P_{t-k}}{P_{t-k-1}}\right).$$

dove r_{t-k} sono i rendimenti logaritmici nel *rolling window* e P_{t-k} il prezzo osservato con frequenza di 10 minuti. Con questa procedura, aggiornata a intervalli regolari, si ottiene una stima immediata della *volatilità* sulle 24 ore precedenti per variazioni di prezzo ogni 10 minuti.

2.4 GARCH(1,1)

Secondo **Bollerslev (1986)** [1], il **GARCH(1,1)** (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) modella la varianza condizionata σ_t^2 come:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2,$$

dove ω , α e β sono parametri stimati dai dati storici (ad esempio prezzi a 10 minuti), ϵ_{t-1} è lo *shock* dei rendimenti passati e σ_{t-1}^2 la varianza condizionata del periodo precedente. Una volta stimati i parametri, si può ricavare un *forecast* per la volatilità futura, σ_{t+10} .

2.5 HAR-RV

Proposto da **Fulvio Corsi (2009)** [2], il **HAR-RV** (*Heterogeneous AutoRegressive Realized Volatility*) cattura diverse scale temporali di volatilità realizzata:

$$\text{RV}_{t+1} = c + \alpha \text{RV}_t^{(d)} + \beta \text{RV}_t^{(w)} + \gamma \text{RV}_t^{(m)} + \epsilon_t,$$

dove $\text{RV}_t^{(d)}$, $\text{RV}_t^{(w)}$, $\text{RV}_t^{(m)}$ sono calcolate su orizzonti giornaliero, settimanale, mensile (a seconda della configurazione). Utilizzando variazioni dei prezzi su intervalli di 10 minuti, si ricava la **volatilità** σ_{t+10} . Questo modello *eterogeneo* risulta utile per catturare la memoria a breve, media e lunga scadenza della volatilità.

3 Metodologia per la determinazione del prezzo di acquisto e di vendita con prezzo di riferimento di mercato

3.1 Prezzo di riferimento del mercato (P_0)

Il prezzo di riferimento viene ricalcolato ogni n secondi come la mediana di cinque midpoint bid-ask, uno per ciascuno di **cinque exchange** a elevata liquidità scelti da *Cryptosmart* come riferimento di mercato (ad es. *Coinbase*, *OKX*, *Kraken*, *Binance*, *Bitfinex*). In particolare, se

bestBid_i e bestAsk_i indicano rispettivamente il miglior prezzo in acquisto (bid) e in vendita (ask) dell'*exchange* i , si definisce:

$$M_i = \frac{\text{bestBid}_i + \text{bestAsk}_i}{2} \quad (\text{midpoint su exchange } i),$$

e il prezzo di riferimento P_0 è la mediana di $\{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5\}$, ovvero:

$$P_0 = \text{Median}(M_1, M_2, M_3, M_4, M_5).$$

In questo modo, si attenua l'effetto di eventuali valori anomali (outlier) e si ottiene un indicatore affidabile del prezzo corrente di mercato.

3.2 Formula del prezzo offerto per l'acquisto

Per **coprire il rischio di rialzo** entro i prossimi 10 minuti, il prezzo di acquisto si posiziona verso l'estremo superiore della banda e **include** un termine di slippage $S(Q)$:

$$P_{\text{acquisto}} = P_0 \times e^{(\mu_{10m} + 1.96 \sigma_{t+10})} + S(Q).$$

3.3 Formula del prezzo offerto per la vendita

Per **coprire il rischio di ribasso**, il prezzo di vendita è collocato all'estremo inferiore della banda e **include** un termine di slippage $S(Q)$:

$$P_{\text{vendita}} = P_0 \times e^{(\mu_{10m} - 1.96 \sigma_{t+10})} - S(Q).$$

In entrambi i casi, $1.96 \sigma_{t+10}$ corrisponde a uno *scostamento* di circa 2 deviazioni standard, fornendo un margine coerente con un intervallo di confidenza al 95%. Il *drift* μ_{10m} atteso su 10 minuti, se diverso da zero, può essere aggiunto o sottratto in funzione del trend previsto.

3.4 Calcolo della funzione di slippage $S(Q)$

3.4.1 Aggregazione dei 5 order book

Per calcolare lo **slippage** in modo coerente con i volumi di mercato, vengono **aggregati** gli order book provenienti dai 5 exchange di riferimento in un **unico book virtuale**, ordinando tutte le proposte di vendita (*ask*) e di acquisto (*bid*) dal livello di prezzo più conveniente al meno conveniente. Questa unione consente di ottenere una visione complessiva della *profondità* di mercato.

3.4.2 Funzione a "sbarramenti" (fasce di controvalore)

Nel caso di ordini *acquisto e vendita*, si analizza quanta liquidità è disponibile in profondità a ciascun livello di prezzo, *sommando* la quantità dai 5 book. Il *controvalore* dell'ordine in euro Q viene suddiviso in fasce:

- **Fascia 1:** da 0 a 10,000 EUR,
- **Fascia 2:** da 10,000 a 30,000 EUR,
- **Fascia 3:** da 30,000 a 100,000 EUR,
- **Fascia 4:** da 100,000 a 500,000 EUR,
- **Fascia 5:** da 500,000 a 1,000,000 EUR.

Per ciascuna fascia, viene **simulata** l'esecuzione parziale dell'ordine (quanta quantità si "assorbe" ai livelli di prezzo migliori) e si calcola il **prezzo più sfavorevole di fill** nella fascia. **Confrontando** tale prezzo con il *best ask* (o *best bid*) iniziale del book aggregato, si ottiene uno *slippage* indicativo. Questi **valori di slippage** (per ciascuna fascia) sono **precalcolati e aggiornati con frequenza regolare** (10 minuti).

Esempio di formula a sbarramenti

$$S(Q) = \begin{cases} S_1, & \text{se } 0 < Q \leq 10,000, \\ S_2, & \text{se } 10,000 < Q \leq 30,000, \\ S_3, & \text{se } 30,000 < Q \leq 100,000, \\ S_4, & \text{se } 100,000 < Q \leq 500,000, \\ S_5, & \text{se } 500,000 < Q \leq 1,000,000. \end{cases}$$

Ciascun S_i è la differenza tra il **prezzo più sfavorevole di fill** (worst case) nella fascia, ricavato simulando ordini con controvalore massimo del relativo intervallo, e la *best ask* o *best bid* iniziale.

3.4.3 Approssimazione a zero sulle fasce più piccole

In virtù dell'elevata liquidità delle criptovalute trattate su *Cryptosmart*, nelle fasce di controvalore più basse (ad esempio, ordini fino a 30,000 EUR per le criptovalute più liquide, come Bitcoin) lo *slippage* risulta spesso molto ridotto, tale da poter essere approssimato a zero. In tali situazioni, $S(Q)$ viene impostata con valore nullo.

3.4.4 Aggiornamento dello slippage

Lo *slippage* $S(Q)$ viene ricalcolato ogni 10 minuti (in sincronia con la volatilità), rieseguendo la procedura di aggregazione dei 5 order book e la simulazione di esecuzione per ciascuna fascia di controvalore. In tal modo, eventuali variazioni rapide nella profondità del mercato vengono riflesse con cadenza regolare.

4 Metodologia di determinazione del prezzo basata sulla media ponderata dei livelli di prezzo in tempo reale

La seconda metodologia si fonda calcolo del prezzo finale come media ponderata (per la quantità) di tutti i livelli di prezzo che devono essere associati all'ordine dell'utente per soddisfare integralmente l'ordine dell'utente. *I livelli di prezzo* sono disponibili in *tempo reale* sono infatti (aggiornati con frequenza inferiore al secondo). Questa modalità è definita *Volume-Weighted Average Price*.

1. Costituzione dei livelli di prezzo.

In questa **modalità operativa**, *Cryptosmart*:

- riceve in tempo reale le informazioni relative agli ordini presenti sui mercati **esterni di riferimento**;
- formula la *Tabella Prezzi per Quantità* sulla base delle informazioni raccolte dai mercati esterni di riferimento, anche in questa modalità **Cryptosmart stima la volatilità a 10 minuti** (come da Sezione 2) e applica ad ogni livello dei prezzi **un corrispondente buffer** di protezione, pari a σ_{t+10} . La tabella dei prezzi per quantità indica il prezzo che *Cryptosmart* è disposta ad applicare in funzione della quantità indicata dal cliente.

- quando il cliente invia un ordine, questo viene trasmesso esclusivamente a Cryptosmart, che agisce da **controparte unica**: non avviene alcun incrocio tra ordini dei clienti;
- Cryptosmart associa l'ordine al prezzo risultante in base alla tipologia di ordine selezionata (es. ordine a limite), utilizzando come riferimento i livelli di prezzo e le quantità;

2. Diversamente dalla Metodologia 1 **non** è necessario aggiungere alcuno spread per lo slippage, poiché l'associazione dei volumi avviene in *tempo reale* sui livelli di prezzo, e l'utente ne visualizza l'effetto immediatamente; di conseguenza, **lo spread totale** che incide sul prezzo finale risulta *più basso* rispetto alla prima metodologia (Sez. 3), in quanto legato *solo* alla componente di volatilità attesa.

Associazione dell'ordine "dal migliore al peggiore".

Quando l'utente invia un ordine di acquisto (o di vendita) con *quantità* Q , l'algoritmo di pricing **associa** i volumi partendo dal livello di prezzo migliore (il *best ask* se acquisto, il *best bid* se vendita), via via *scalando* i successivi livelli di prezzo.

- *Ordine di acquisto*: si parte dal *lowest ask* (p_1), poi si prosegue verso ask più alti ($p_2 > p_1$, $p_3 > p_2$, ...).
- *Ordine di vendita*: si parte dal *highest bid* (p_1), poi si prosegue verso bid più bassi ($p_2 < p_1$, $p_3 < p_2$, ...).

Volume-Weighted Average Price (WAP).

Il *prezzo effettivo* P_{eff} applicato è una **media ponderata** in base ai *fill* parziali. Se l'ordine viene eseguito su n livelli di prezzo successivi, ciascuno con prezzo p_i e quantità fillata Δq_i , allora:

$$P_{\text{eff}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \Delta q_i}{\sum_{i=1}^n \Delta q_i}.$$

Aggiornamento sub-secondo.

Mentre la prima metodologia (Sez. 3) esegue un *ricalcolo* dei prezzi offerti in acquisto e vendita con la componente di slippage stimata ogni 10 minuti, qui invece i livelli di prezzo vengono aggiornati in continuazione (con frequenza inferiore al secondo). Ciò riduce l'esposizione di Cryptosmart al rischio di movimenti di mercato improvvisi, potendo offrire livelli di prezzo aggiornati in tempo reale alle condizioni di mercato effettive.

Interfaccia "Pro" con latenza 100–250 ms.

Questa metodologia (media ponderata real-time) è **applicata agli ordini immessi tramite l'interfaccia "Pro"** di *Cryptosmart*. Tale interfaccia:

- espone, con frequenza sub-secondo (*latency* tipica 100–250 ms), il *Tabella Prezzi per Quantità*;
- consente al Cliente di osservare in tempo reale la **profondità** di mercato e di capire esattamente quale sarà l'effetto di un ordine grande sui vari livelli di prezzo;
- il **Cliente opera solo in modalità taker**: i livelli di prezzo vengono unicamente creati da *Cryptosmart*.

In tal modo, l'utente più esperto può ottenere un pricing potenzialmente più vantaggioso, beneficiando del minore spread sui prezzi grazie alla rapidissima sincronizzazione di prezzi e volumi.

4.1 Vantaggi e svantaggi principali

Vantaggi

- **Maggiore aderenza al mercato “reale”**: se in un determinato istante compaiono offerte (ask) o domande (bid) favorevoli, l’utente può sfruttarle subito senza attendere un ricalcolo successivo.
- **Minore rischio di mercato per Cryptosmart**: grazie all’aggiornamento continuo, Cryptosmart può adeguare il Tabella Prezzi/Quantità immediatamente, riducendo la necessità di margini di sicurezza sullo slippage.
- **Possibilità di prezzi più competitivi**: con minori margini di rischio, Cryptosmart può offrire prezzi migliori agli utenti.

Svantaggi

- **Interfaccia utente più complessa**: la presenza di numerosi livelli di prezzo e di aggiornamenti estremamente frequenti può risultare meno intuitiva per utenti principianti, abituati a un “prezzo unico” fisso.
- **Richiede maggiore esperienza** da parte dell’utente, poiché la *trasparenza* è massima (si vede tutta la profondità di mercato) ma è anche *più complessa* da interpretare.

5 Metodologia di determinazione del prezzo per token privi di prezzo di riferimento di mercato

I token trattati in questa metodologia sono *crypto-attività prive di un prezzo di mercato di riferimento al momento del listing*:

- **Nuove emissioni**: il token è emesso per la prima volta su Cryptosmart;
- **Asset a liquidità trascurabile altrove**: il token è listato, ma senza volumi significativi.

Cryptosmart determina autonomamente i prezzi impiegando una formula matematica a *prodotto costante con fascia di prezzo* $[P_a, P_b]$ (formula matematica predeterminata da Cryptosmart). Le quotazioni avvengono contro un *asset di controvaluta* C . Quando il prezzo tocca uno degli estremi le quotazioni diventano *one-sided*.

5.1 Simboli e notazione

T	Token illiquido (asset base)
C	Asset di controvaluta (quote)
x, y	Riserve correnti di T e C
k	Invariante di prodotto
P	y/x = prezzo interno istantaneo
P_a, P_b	Estremi di prezzo con $P_a < P_b$
Q_T^{\max}, Q_C^{\max}	Ordine massimo fisso (token o controvaluta)
$\Delta P_{\text{buy}}^{\max}, \Delta P_{\text{sell}}^{\max}$	Slippage massimo dovuto a Q_T^{\max} o Q_C^{\max}

5.2 Ordine massimo

1. Impostazione dei plafond Al momento della creazione delle riserve di token e di asset di controvaluta si definiscono due costanti:

$$Q_T^{\max} > 0, \quad Q_C^{\max} > 0,$$

ossia i massimali assoluti e invarianti nel tempo per un singolo ordine di acquisto o vendita.

5.2.1 Slippage massimo ΔP^{\max}

Definiamo:

$$\Delta P^{\max} = \max\{\Delta P_{\text{buy}}^{\max}, \Delta P_{\text{sell}}^{\max}\},$$

in modo che ΔP^{\max} rappresenti la *massima* variazione di prezzo generata da un singolo ordine Q^{\max} . Così, partendo da P , non si potrà superare i confini $[P_a, P_b]$ se prevediamo “cuscinetti” basati su ΔP^{\max} .

5.3 Tripla regione: P_a , Formula ($xy = k$), e prezzo fisso a P_b

Per prevenire variazioni eccessive del prezzo, viene fissata una fascia di prezzo in un intervallo limite $[P_a, P_b]$. Al di sotto di P_a , il prezzo del token non scenderà; al di sopra di P_b , non salirà. In questo modo si evita che, in un contesto di scarsa liquidità, un singolo ordine possa far crollare o impennare il prezzo in modo irragionevole.

Per assicurare che il prezzo del token non sia più basso di P_a né superi P_b , adottiamo una **curva a tratti** (*piecewise*) in funzione del rapporto $\frac{y}{x}$, definendo lo *slippage massimo* ΔP^{\max} in relazione all'*ordine massimo* Q^{\max} . In tal modo, la *posizione* dei confini vicini a P_a e P_b è regolata dallo scostamento di prezzo generato da Q^{\max} .

- **Regione 1 (bassa).**

Se $\frac{y}{x} \leq P_a + \Delta P^{\max}$, il prezzo resta fisso a P_a .

(Così, neanche un ordine massimo può spingere $\frac{y}{x}$ sotto P_a .)

- **Regione 2 (Formula a prodotto invariante).**

Se $P_a + \Delta P^{\max} < \frac{y}{x} < P_b - \Delta P^{\max}$, vale la regola a prodotto costante:

$$xy = k$$

Qui la formula matematica calcola il prezzo e lo spostamento del prezzo con slippage logaritmico ($\Delta P_{\text{buy}}, \Delta P_{\text{sell}}$).

- **Regione 3 (alta).**

Se $\frac{y}{x} \geq P_b - \Delta P^{\max}$, il prezzo si blocca a P_b .

(In questo modo, un ordine grande non supera P_b .)

In pratica, ΔP^{\max} è scelto in modo che **un ordine massimo** Q^{\max} non varchi i confini $[P_a, P_b]$. Quindi non è necessario spezzare gli ordini: *tutta* la variazione di prezzo indotta da Q^{\max} avviene in una sola regione.

Slippage e prezzo nelle tre regioni

- **Regione 1 (prezzo = P_a):** slippage *nullo*. L'operazione non sposta il prezzo al di sotto di P_a .
- **Regione 2 ($xy = k$):** slippage *logaritmico*. Qui il prezzo varia al variare di y ed x .
- **Regione 3 (prezzo = P_b):** slippage *nullo*. Se un compratore tenta un grande acquisto, non si oltrepassa P_b .

5.4 Formula dei prezzi offerti

Analogamente, i *prezzi offerti* in acquisto e vendita si definiscono come:

Prezzo di acquisto

$$P_{\text{acquisto}} = \begin{cases} P_a, & \text{se } \frac{y}{x} \leq P_a + \Delta P^{\text{max}}, \\ P + \Delta P_{\text{buy}}^{\text{max}}, & \text{se } P_a + \Delta P^{\text{max}} < \frac{y}{x} < P_b - \Delta P^{\text{max}}, \\ P_b, & \text{se } \frac{y}{x} \geq P_b - \Delta P^{\text{max}}. \end{cases}$$

Prezzo di vendita

$$P_{\text{vendita}} = \begin{cases} P_a, & \text{se } \frac{y}{x} \leq P_a + \Delta P^{\text{max}}, \\ P - \Delta P_{\text{sell}}^{\text{max}}, & \text{se } P_a + \Delta P^{\text{max}} < \frac{y}{x} < P_b - \Delta P^{\text{max}}, \\ P_b, & \text{se } \frac{y}{x} \geq P_b - \Delta P^{\text{max}}. \end{cases}$$

Qui, $P = \frac{y}{x}$ in Regione 2 e $\Delta P_{\text{buy}}^{\text{max}}$, $\Delta P_{\text{sell}}^{\text{max}}$ riflettono la massima variazione di prezzo dovuta al singolo ordine Q^{max} .

References

- [1] Tim Bollerslev.
Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity.
Journal of Econometrics, 31(3):307–327, 1986.
- [2] Fulvio Corsi.
A Simple Approximate Long-Memory Model of Realized Volatility.
Journal of Financial Econometrics, 7(2):174–196, 2009.