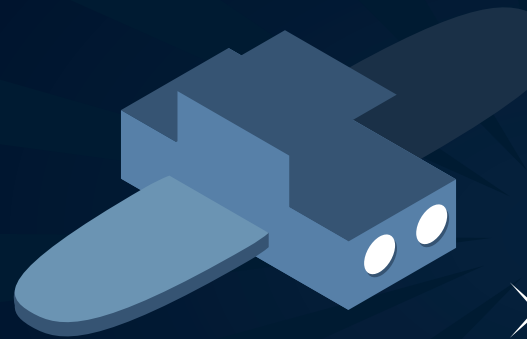


# Più reale del vero

Arricchire e rendere più completa la nostra percezione fisica attraverso computer grafica e informatica: la realtà aumentata è ancora nella fase iniziale, eppure già fa sensazione. Perché da un lato promette di migliorare la nostra quotidianità, con applicazioni per smartphone che riescono a modificare il rapporto con l'ambiente che ci circonda, oppure di televisori 3D destinati a rivoluzionare il mondo dell'home entertainment. Ma dall'altro si scoprono frontiere che possono permettere all'uomo di fare un salto in un futuro inimmaginabile solo pochi anni fa. Newton ha guardato l'orizzonte di questa nuova, esaltante tecnologia: dalle operazioni chirurgiche al cervello alla manutenzione dei macchinari pesanti, fino allo studio delle impronte dei dinosauri, ecco perché stiamo entrando in un nuovo mondo. Senza più limiti





# Impronte "digitali"

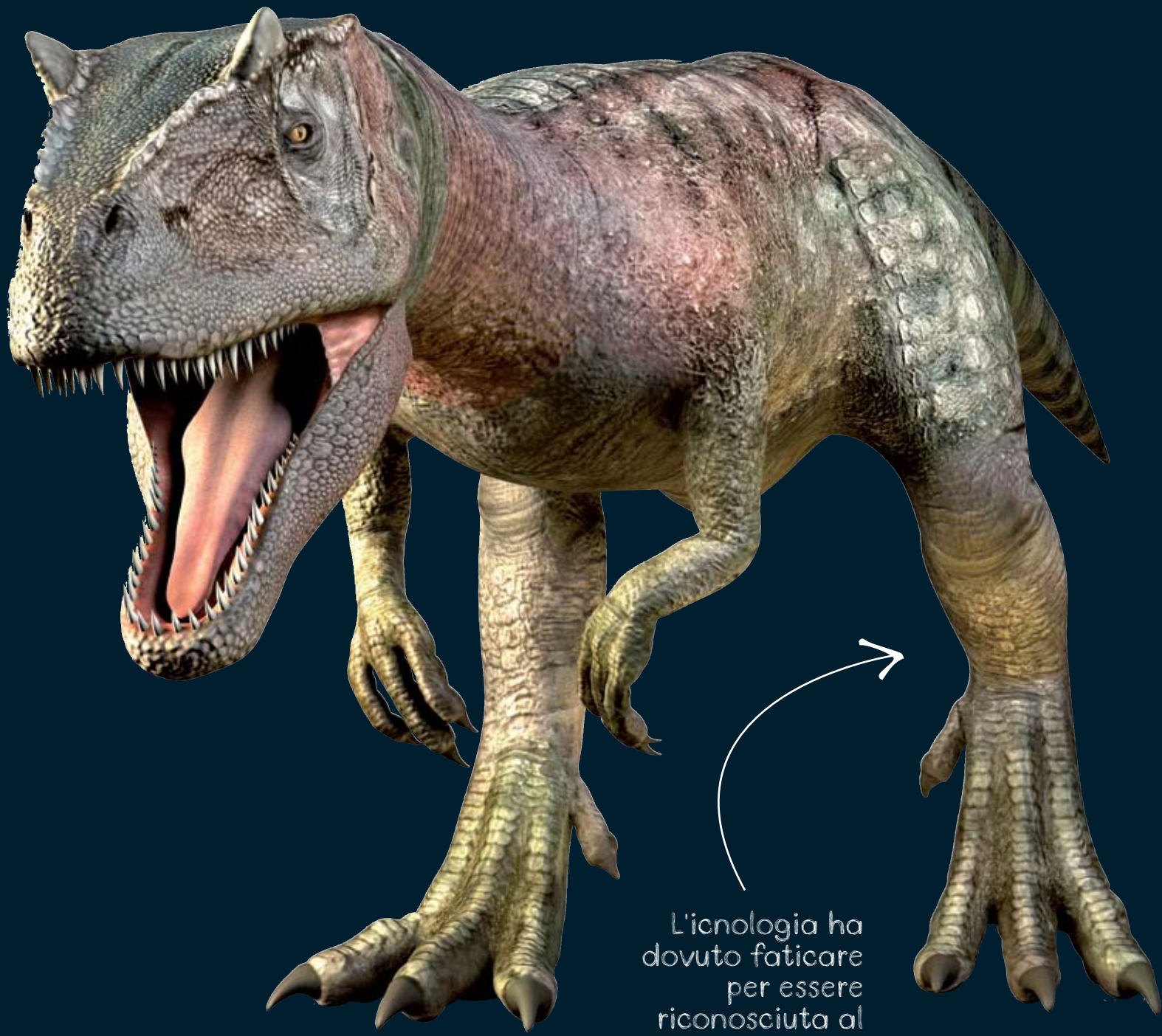
 MILANO  
ELISABETTA CURZEL  
MARCO AVANZINI

Dall'orma al suo autore: quello del paleoicnologo, cioè dell'esperto di impronte fossili, è un vero lavoro da detective, che porta oggi a risultati sorprendenti. Anche grazie alla tecnologia

# U

Una volta funzionava così: si trovava un'orma nella roccia, la si ridisegnava, si provava a interpretarla per determinare l'identità dell'animale che milioni di anni fa l'aveva impressa nel terreno. In questo processo il grado di precisione era affidato alla manualità e all'occhio dello scopritore. Per ovviare ai limiti della soggettività interpretativa, si pensò di circoscrivere virtualmente lo spazio occupato dall'orma con un quadrettatore. Lo strumento - una cornicetta quadrata con sottili fili bianchi tesi da un lato all'altro, che suddividono lo spazio in piccoli riquadri - veniva posato sulla traccia, si ricopiava un "tassello" alla volta, e si ricomponeva infine il disegno. Limitando l'area di analisi si pensava di limitare l'errore; ma mani diverse producevano diversi disegni, e l'identità dell'antico animale rimaneva ignota. Con l'avvento dei materiali plastici divenne molto più rapido posare un foglio trasparente sull'impronta, per ricalcarne i contorni. Un certo margine di errore, in questo caso, era dovuto all'imperfetta aderenza della pellicola al substrato e alla parallasse, il fenomeno per cui cambiando il punto di osservazione di un oggetto sembra che questo si sposti rispetto allo sfondo. Una prima rivoluzione nei metodi di indagine avvenne alla fine degli anni 80, quando l'icnologia aumentò i propri sforzi per essere riconosciuta come disciplina scientifica al pari delle altre branche della paleontologia. Ma per passare

dalle ipotesi alla scienza - per trasformarsi da intuitivo Sherlock Holmes in strutturato agente della polizia scientifica - all'icnologo erano necessari dati precisi. Si tentò così di ottenere riproduzioni in 3D di tracce fossili, individuando le loro linee di contorno con metodi fotografici. Un telaio simile a quello già citato, nel quale i fili distavano due millimetri l'uno dall'altro, veniva posizionato a qualche centimetro dall'orma e illuminato da una particolare inclinazione. La fonte luminosa proiettava le ombre dei fili sulla piccola depressione per tracciarne i contorni topografici. Il metodo, denominato "topografia di Moirè", era ingegnoso; il dettaglio ancora troppo vago. Con un altro procedimento, la stereofotografia, si ottenevano buoni risultati; tuttavia requisiti indispensabili come la definizione dell'angolo di ripresa e le particolari condizioni di luce, rendevano la tecnica difficilmente applicabile "sul campo". Restavano i calchi in silicone, utili perché le orme riprodotte nel loro volume potevano essere studiate in laboratorio, ma non adatti ad ogni tipo di superficie (talvolta anzi potenzialmente distruttivi) e, ancora, non sempre affidabili. Eppure precisione e oggettività, in icnologia, sono determinanti. Il lavoro di indagine dell'icnologo si basa infatti sul confronto con due grandi sistemi. Da un lato, deve dialogare con i dati reali forniti dalla tassonomia biologica, la scienza che si



L'icnologia ha dovuto faticare per essere riconosciuta al pari delle altre branche della paleontologia

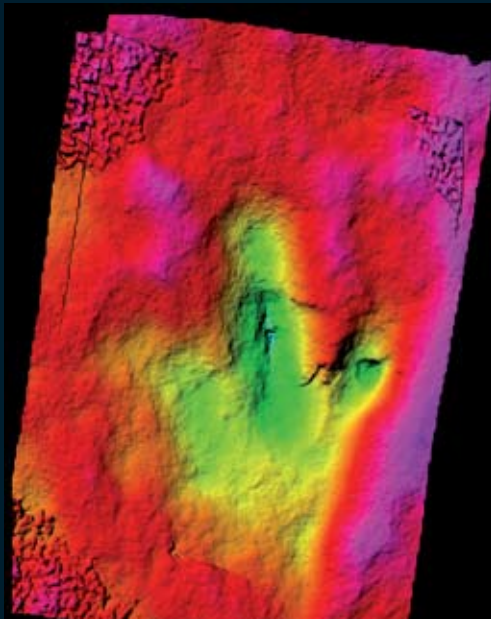
# Ci sono più orme che resti fossili



DALLA PREISTORIA CI ARRIVANO PIÙ ORME CHE RESTI FOSSILI. IL DATO È OVVIO PERCHÉ LA COINCIDENZA FRA TRACCE DI UNA CAMMINATA CHE MILIONI DI ANNI FA FU ANCHE L'ULTIMA DI QUELL'ANIMALE, CON I RESTI DEL SUO CORPO NELLE IMMEDIATE VICINANZE, È UNA COINCIDENZA RARA. QUESTO HA SIGNIFICATO CHE LA CLASSIFICAZIONE DI IMPRONTE E ANIMALI DEL PASSATO SI È SVILUPPATA IN MANIERA AUTONOMA: ORME E ANIMALI FANNO CAPO CIOÈ A NOMI DIVERSI. ESISTONO COSÌ CASI FORTUNATI, QUELLI APPUNTO SEGNATI DALLE RARE COINCIDENZE, COME QUELLO DEL *TYRANNOSAURIPUS*, CHE È INTUITIVO TRADURRE COME "PIEDE DI TIRANNOSAURO"; MA NE ESISTONO ANCHE DI GENERICI (COME *CHIROTHERIUM*, OSSIA "MANO DI ANIMALE SELVATICO", *ISOCHIROTHERIUM*, "FORMA A DITA UGUALI", *BRACHICHIROTHERIUM*, FORMA A DITA CORTE, ECCETERA) E PERSINO DI FUORVIANTI. È IL CASO AD ESEMPIO DEL *RHYNCOSAUROIDES*, CHE NON APPARTIENE AFFATTO AI RETTILI RINCOSAURI, COME IPOTIZZATO IN SEGUITO AL PRIMO RITROVAMENTO DI QUESTA TIPOLOGIA DI ORME IN DEPOSITI RICCHI DI RESTI SCHELETRICI DI QUESTI ANIMALI. I VERI AUTORI SAREBBERO RETTILI SIMILI ALLA TUATARA, LUCERTOLA TUTTORA VIVENTE IN NUOVA ZELANDA. MA LA DEFINIZIONE, ALMENO PER IL MOMENTO, RIMANE CON LA SUA ATTRIBUZIONE NON VERITIERA.

occupa della classificazione degli organismi (e in paleontologia, questo è un fronte sguarnito perché di fatto è possibile contare solo su poche decine di scheletri di dinosauro, per giunta parziali: del più famoso, il *Tyrannosaurus rex*, rimangono appena otto esemplari incompleti. Dall'altro lato, lo scienziato raccoglie informazioni sul campo, grazie alle orme fossili, con le quali alimenta quell'enorme database denominato "paratassonomia", ovvero il sistema che classifica parti di organismi "sconosciuti". Proseguendo nel paragone con il lavoro del detective, l'icnologo conosce le impronte digitali (le orme) e deve trovare il colpevole (l'animale che le ha lasciate) in un mondo (il pianeta Terra di milioni di anni or sono) i cui rari abitanti sconosciuti sono privi di documento di identità. In verità non si parte da zero. Combinando i dati esistenti, la comunità scientifica individua rapporti costanti, riassunti poi in formule e tabelle, che aiutano a delineare il profilo dell'indiziato. Lunghezza e larghezza delle orme, unitamente alla distanza che le separa (falcata) e alla misura degli angoli interdigitali danno indicazioni sulla forma dell'animale e sulle sue dimensioni; le depressioni create dalla zampa forniscono informazioni su movimento, bilanciamento, rollio e andatura. I dati raccolti con l'analisi dell'intorno (fossili di alghe, radici, frammenti di scheletri di pesci) permettono ai ricercatori di ricreare il pa-

leo ambiente, ovvero l'antica "scena del crimine". Da qualche anno, un valido aiuto viene offerto dal laser scanner, in due versioni. E, a proposito di orme, ecco che l'icnologia comincia a fare i suoi primi passi nella Realtà Aumentata. Un primo modello ha il vantaggio di poter registrare con buona precisione (0,5 millimetri) da una buona distanza (fino a un chilometro) intere "piste", cioè successioni di orme, nonché di restituirle tridimensionalmente persino in contesti poco accessibili. Un secondo tipo, di portata assai più ristretta, viene posizionato a distanza limitata (30-80 centimetri), registra una porzione di spazio ridotta, ma lo fa ad altissima risoluzione (0.05 millimetri). In entrambi i casi, una volta posizionato, il laser indirizza un raggio verso un oggetto, registra il tempo impiegato dal raggio stesso per colpirlo e tornare indietro, e determina la distanza di un punto; ripetuta milioni di volte, l'operazione determina milioni di punti, e ricrea la geometria dell'oggetto. Il laser scanner riproduce così in 3D un'orma con una definizione di molto superiore alle potenzialità dell'occhio umano. Ha un unico problema: ogni apparecchio costa centinaia di migliaia di euro. Fabio Remondino, responsabile della 3D Optical Metrology Unit della Fondazione Bruno Kessler, assieme ai ricercatori del Museo Tridentino di Scienze Naturali, ha adottato un approccio diverso. Dopo aver fotografato un'orma



Dalle microscopiche asimmetrie e differenze di profondità di un'orma si possono ottenere dati biomeccanici e anatomici impensabili fino a pochi anni fa

## Le tracce dei dinosauri

da varie angolazioni con una reflex digitale ad alta risoluzione, utilizzando i principi della fotogrammetria digitale, ha elaborato un software che permette di ottenere risultati analoghi a quelli del laser scanner. Con il suo programma, ogni singolo pixel viene colorato, dando forma a un'immagine ricca di sfumature che facilita ulteriormente la lettura dell'orma. I costi sono molto più contenuti, e tracciare il profilo di chi ha lasciato "impronte digitali" di pietra diventa un'operazione sempre più vicina. Quando poi di un'identità supposta esiste lo scheletro, il gioco diventa una sorta di storia di Cenerentola: si tratta di trovare il piede giusto per calzare la "scarpetta". Come si fa con il DNA di un reperto poliziesco, al rilievo in 3D dell'orma viene sovrapposto il database dei modelli virtuali delle zampe ottenuti sulla base della scansione scheletrica fino a che l'incrocio non risulta perfetto. Il colpevole, alla fine, viene individuato. Le potenzialità offerte ai "C.S.I." del passato dalla tecnologia sono rappresentate efficacemente anche dal lavoro di chi, come Phil Manning, paleontologo presso la University of Manchester, attinge a diverse discipline per modellizzare i movimenti dell'animale "misterioso". Manning ha scansionato ad altissima risoluzione "Stan", il T-rex conservato nel museo di Manchester; ha incrociato i dati ottenuti con quelli ricavati dallo studio anatomico di rettili e uccelli (i pronipoti

L'ESAME DELLE TRACCE ACCOMPAGNA L'UOMO SIN DALLA PREISTORIA: RICONOSCERE IL PASSAGGIO DI UN ANIMALE POTEVA SIGNIFICARE PROCURARSI IL CIBO O AVER SALVA LA VITA. NON SFUGGIRONO ALL'ATTENZIONE DEI NOSTRI ANTENATI NEMMENO LE TRACCE DI DINOSAURO.

IN MOLTI LUOGHI, GRAFFITI E PITTURE RUPESTRI RIPORTANO ANCHE STRANE ORME TRIDATTILE, SPIEGATE RICORRENDO AL MITO. I NATIVI AMERICANI LE LEGGEVANO COME ORME DI UNO SPAVENTOSO DIO-UCCELLO DAL QUALE SFUGGIRE. I PORTOGHESI DEL MEDIOEVO LE CONSIDERAVANO LASCIATE DAL MULO CHE TRASPORTAVA LA MADONNA IN FUGA DAL VICINO ORIENTE. I PRIMI COLONI STATUNITENSIVI VI VEDEVANO LE ORME DEL CORVO LIBERATO DA NOÈ. SOLO NELLA SECONDA METÀ DELL'OTTOCENTO SI COMPRESSE CHE GLI AUTORI DELLE IMPRONTE ERANO CREATURE ESTINTE.

dei grandi dinosauri); ha quindi ricreato virtualmente muscolatura, funzionalità delle articolazioni, posizione delle masse adipose e dei tessuti. È riuscito quindi a ipotizzare i modi in cui l'animale si muoveva, correva, sedeva o si alzava. I modelli teorici di Manning vengono confermati dallo studio delle orme. Le microscopiche differenze di profondità o le asimmetrie evidenziate dai rilievi laser o fotogrammetrici testimoniano del modo in cui il peso veniva spostato, il baricentro cambiava posizione durante il cammino o la corsa, di come muscoli e tendini posizionavano la zampa sul suolo. Il risultato finale consiste in dati biomeccanici e ricostruzioni anatomiche fino a pochi anni fa semplicemente impensabili.