

Technische onderzoeksstudie



Wereldrecord prestaties voor AI en ML

Onderzoek van Prowess legt verbanden tussen de benchmarksterkte van Dell™ servers naar feitelijke prestaties voor training en inferencing op modellen voor kunstmatige intelligentie (AI) en machine learning (ML).

Beknopte samenvatting

Organisaties uit een breed scala aan branches zijn afhankelijk van kunstmatige intelligentie (AI) en machine learning (ML) om verkoopprognoses te maken, hun klantenbestand te segmenteren, risico's te identificeren, complexe toeleveringsnetwerken te beheren, kosten te optimaliseren en de efficiëntie te verbeteren. Hoe ze ook worden toegepast, alle gebruiksscenario's voor AI en ML zijn afhankelijk van de rekenprestaties (naast de snelheid en de hoeveelheid geheugen en de bandbreedte van onderlinge verbindingen en netwerken). En vanwege de aard van de data die bedrijven gebruiken voor activiteiten zoals voorspellende klantanalyses of fraudedetectie, is beveiliging vaak net zo belangrijk.

Vanwege de prestatiebehoeften van AI en ML kan de infrastructuur van rekenkracht, lokaal geheugen, netwerkbandbreedte en datastorage ter ondersteuning van deze workloads een aanzienlijke investering betekenen, waardoor een grondige evaluatie vóór aankoop noodzakelijk is. Industriestandaard benchmarks kunnen hiervoor goed zijn (en wereldrecords kunnen zelfs nog beter zijn) als ze op de juiste manier worden geëvalueerd.

Bedrijven moeten hun data snel opnemen, opslaan en verwerken. Deze benchmarks kunnen inzicht geven in hoe snel data kunnen worden verzameld, verwerkt en geopend nadat ze zijn opgeslagen. Om de relatie tussen hoge benchmarkprestaties en potentiële bedrijfswaarde in de echte wereld te onderzoeken, onderzoekt Prowess Consulting wat sterke resultaten in branchebenchmarks kunnen betekenen voor bedrijven die wereldrecord servers implementeren. Vanwege hun grote marktaandeel en het aantal wereldrecords dat Dell Technologies heeft in AI- en ML-scenario's, vertegenwoordigd door branche-erkende benchmarks, heeft Prowess specifiek gekeken naar Dell™ PowerEdge™ servers.

Bij de nieuwste generatie Dell PowerEdge servers hebben we er drie geïdentificeerd die onlangs wereldrecords hebben gevestigd in een benchmark die speciaal is ontworpen om real-world prestatiedata te leveren op AI- en ML-workloads:

- **Dell PowerEdge R6625 server (wereldrecord, TPC Express Benchmark™ AI [TPCx-AI])**
- **Dell PowerEdge R7615 server (wereldrecord, TPCx-AI)**
- **Dell PowerEdge R7515 server (wereldrecord, TPC Express Benchmark™ IoT [TPCx-IoT])**

Door prestatieoptimalisaties van Dell Technologies voor AI- en ML-workloads te verbeteren, ontdekten we ook dat AMD EPYC™ processors en Broadcom® netwerkkaarten de prestaties van big data en analytics kunnen verbeteren, zowel voor benchmarks als applicaties in de echte wereld. Support voor de numerieke indeling van bfloat16 in AMD EPYC processors van de 4e generatie maakt het bijvoorbeeld mogelijk grotere AI-modellen uit te voeren met grotere datasets, terwijl ondersteuning van INT8-getallen de inferencing op AI-modellen kan versnellen. Daarnaast maken dubbele NVM Express® (NVMe®) Dell™ PowerEdge RAID Controller™ (Dell™ PERC) kaarten en ondersteuning voor PCIe® 4.0 met Broadcom netwerkkaarten dual-port 100 Gigabit Ethernet (GbE) netwerkinterfacecontrollers (NIC's) mogelijk en helpen bandbreedtebeperkingen te elimineren en de prestaties van AI- en ML-workloads verder te versnellen.

Dit onderzoek behandelt de volgende onderwerpen:

- [Branchelandschap](#)
- [Onderzoeksmethodiek van Prowess](#)
- [AI- en ML-benchmarks](#)
- [Achter de prestatieresultaten](#)



Branchelandschap: AI en ML

AI en ML vervullen een centrale rol in de bedrijfsvoering voor organisaties in verschillende sectoren. Of het nu gaat om een bank die controleert op fraude, een detailhandelaar die verkoopcijfers voorspelt, een ziekenhuis dat streeft naar nauwkeurigere diagnoses, of een middelgrote fabrikant die voorspellend onderhoud aan zijn assemblagelijnen implementeert, organisaties van allerlei soorten en maten vertrouwen op AI om patronen te ontrafelen die mogelijk onzichtbaar zijn voor mensen. AI-modellen in het algemeen en deep learning (DL)-modellen in het bijzonder, zijn over het algemeen nauwkeuriger wanneer er meer data beschikbaar zijn om ze te trainen. Deze behoefte aan data stimuleert de behoefte aan grotere, meer geschikte storage, snellere netwerken en beter presterende servers om meer waarde te vinden in data: data die ook veilig moeten worden bewaard.

Bedrijven vertrouwen om verschillende redenen vaak op lokale servers in plaats van cloudimplementaties. Voor AI en ML zijn deze redenen vaak gericht op de ernst van data en lagere latentie voor het gebruik van AI-modellen. Het is vaak sneller en gemakkelijker om AI-trainingsfuncties dicht bij de data te brengen in plaats van de kosten en tijd te dragen van het verplaatsen van grote hoeveelheden data naar gecentraliseerde rekenkracht. Het werken met data dicht bij de locatie ervan kan ook de latentie voor het trainen van AI verminderen, wat het proces kan versnellen. Bovendien kunnen wettelijke vereisten en wetgeving inzake datasoevereiniteit ook dwingende redenen zijn om data op locatie te bewaren, afhankelijk van de branche en locatie van een organisatie. In alle gevallen zijn prestaties een belangrijke vereiste voor bedrijven bij het omgaan met hun data en het benutten van de analytische waarde die data bevat via AI en ML.

De prestatievereisten van workloads zoals analytics betekenen dat de data-infrastructuur moet worden afgestemd op de SLA's (Service Level Agreements). Het samenspel van processor, geheugengrootte, netwerkbandbreedte en storagesubsystemen is van cruciaal belang. Een belangrijk hulpmiddel voor het vergelijken van serverprestaties voor dit samenspel zijn benchmarkresultaten. Omdat benchmarks numerieke resultaten opleveren, kunnen vergelijkingen tussen concurrerende systemen eenvoudig aanvoelen.

Juist omdat benchmarks duidelijke en ogenschijnlijk doelstellingsresultaten opleveren, is het echter cruciaal om te begrijpen wat ze meten en dus wat ze daadwerkelijk zeggen over serverplatforms. Organisaties die de nuance van deze benchmarks negeren en blindelings achter de beste benchmarks zitten, kunnen tegenvallen wanneer hun investeringsrendement (ROI) niet aan hun verwachtingen voldoet.



Onderzoeksmethodiek van Prowess

Om de relatie tussen hoge benchmarkprestaties en potentiële bedrijfswaarde in de echte wereld te onderzoeken, onderzoekt Prowess Consulting wat sterke resultaten in branchebenchmarks kunnen betekenen voor bedrijven die wereldrecord servers implementeren. Om ons onderzoek te vereenvoudigen en ons te concentreren op hoe individuele benchmarks inzicht kunnen geven in de prestaties in bepaalde facetten van AI en ML, hebben we specifiek naar Dell PowerEdge servers gekeken. We hebben dit zowel gedaan vanwege het grote marktaandeel voor Dell Technologies servers als vanwege het aantal wereldrecords dat Dell Technologies heeft in verschillende AI- en ML-benchmarks.

Een enkel benchmark-wereldrecord is indrukwekkend, maar wat opvalt aan AI- en ML-workloads is dat Dell platforms wereldrecords behalen op meerdere benchmarks. Elke benchmark kan worden gezien als een stukje van de workloadpuzzel, en de prestaties van meerdere wereldrecords bieden een goed inzicht in hoe Dell platforms zullen werken in echte omgevingen.

We hebben de benchmarkresultaten bekeken om te bepalen welke platforms de beste prestaties bieden voor verschillende aspecten van AI- en ML-workloads. Ons onderzoek is gericht op Dell™ rackservers. Dell Technologies heeft het grootste marktaandeel van servers wereldwijd (17,2 procent)¹ en Dell PowerEdge servers zijn populaire werkpaarden, gebouwd voor standaard tot middelgrote workloadbehoeften. Voor dit onderzoek hebben we specifiek 1U (Dell PowerEdge R6625 server) en 2U (Dell PowerEdge R7615 en PowerEdge R7515 server) rack-platforms onderzocht.

Bij het onderzoeken van de benchmarkresultaten is het essentieel om ze te bekijken door de lens van de belangrijkste prestatiefactoren. Voor AI- en ML-workloads omvatten deze:

- Prestaties
- Prijs/prestatie

Dell Technologies heeft het PowerEdge platform geoptimaliseerd op basis van AMD® processors voor AI- en ML-oplossingen. AI- en ML-workloads kunnen specifieke behoeften hebben en PowerEdge servers bieden klanten een hoge mate van flexibiliteit om hun unieke workloads uit te voeren op basis van hun specifieke vereisten. Bovendien heeft Dell Technologies de prestaties voor haar PowerEdge platforms geoptimaliseerd door nieuwere Dell PERC-kaarten en Broadcom NVMe-netwerkadapters te integreren die aanzienlijke bandbreedteverbeteringen in de tabel opleveren.

AI- en ML-benchmarks

Door de branche erkende benchmarks kunnen inzichten worden verkregen in veelvoorkomend gebruik van een serverplatform en kunnen ze klanten helpen te informeren of dat platform voldoet aan de behoeften van de workloads die de klant uitvoert. Voor dit onderzoek hebben we specifiek gekeken naar de benchmarks die het meest rechtstreeks van toepassing zijn op AI- en ML-workloads.

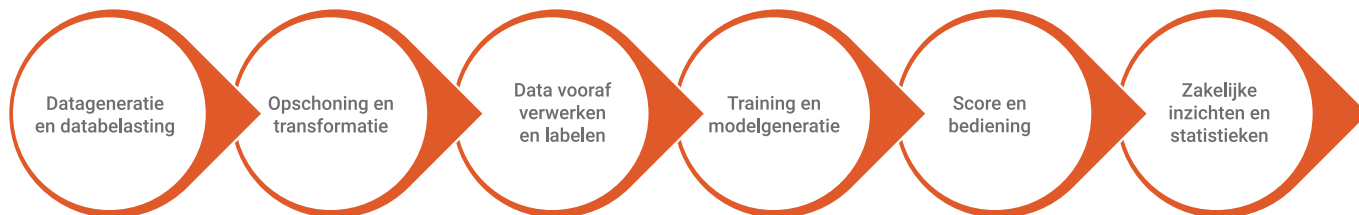
Opmerking: MLPerf™ Inference Benchmark Suite wordt vaak gebruikt om ML-prestaties te meten. Prowess koos ervoor om MLPerf niet te gebruiken voor onze analyse, omdat die benchmark zich richt op prestaties van de grafische processor (GPU), terwijl ons onderzoek gericht was op het onderzoeken van kosteneffectieve CPU-prestaties voor AI-inferencing.

TPC Express Benchmark™ AI (TPCx-AI)	Meet de end-to-end prestaties van AI- en ML-workloads die representatief zijn voor de branche
TPC Express Benchmark™ IoT (TPCx-IoT)	Meet prestaties, prijs versus prestaties en beschikbaarheid voor systemen die enorme hoeveelheden data opnemen van grote aantallen apparaten

TPC Express Benchmark™ (TPCx-AI)

TPCx-AI meet de prestaties van een end-to-end ML of datawetenschapsplatform. De benchmark is ontworpen om het gedrag te emuleren van representatieve AI-oplossingen in de branche die gehanteerd worden in productiedatacenters en cloudomgevingen.

TPCx-AI beoordeelt AI-prestaties via een aantal gebruiksscenario's. Gebruiksscenario's verwijzen naar enkelvoudige problemen die zijn opgelost door de DL en ML data-science-pipeline in TPCx-AI. De pipeline is onafhankelijk van elk specifiek framework of syntaxis en kan op vele manieren worden geïmplementeerd. Gebruiksscenario's in TPCx-AI omvatten over het algemeen datageneratie, databeheer, training, score en bediening van fasen.



Afbeelding 1. De TPC Express Benchmark™ AI (TPCx-AI) DL en ML data science pipeline

Gebruiksscenario's in TPCx-AI omvatten klantsegmentatie, klantgesprekken, verkoopprognoses, spamdetectie, prijsvoorspelling, classificatie en fraudedetectie.

Dell Technologies heeft vier wereldrecords voor **TPCx-AI** met 4e generatie AMD EPYC processors:²

- Dell PowerEdge R7615 server (op schaalfactor 3)
- Dell PowerEdge R7615 server (op schaalfactor 10)
- Dell PowerEdge R6625 server (op schaalfactor 30)
- Dell PowerEdge R6625 server (op schaalfactor 100)

PowerEdge R7615 servers bereikten een AI-pipelinedoorvoer van 408,36 GB/seconde op schaalfactor 3 (3 GB aan data) en 425,31 GB/seconde op schaalfactor 10 (10 GB aan data), met een prijs/prestatieverhouding van \$ 118,56/GB/seconde op schaalfactor 3.²

De PowerEdge R6625 server behaalde 365,59 GB/seconde op schaalfactor 30, terwijl een cluster van vier PowerEdge R6625 servers respectievelijk 868,49 GB/seconde behaalde bij schaalfactor 100, met prijs/prestatieratio's van respectievelijk \$ 196,38/GB/seconde en \$ 356,56/GB/seconde.²

Deze servers worden aangedreven door 4e generatie AMD EPYC 9374F, EPYC 9174F en EPYC 9354 processors. Naast een hoger aantal cores en threads dan de voorgaande generatie, bieden 4e generatie AMD EPYC processors ook DDR5-geheugenondersteuning voor meer geheugen, PCIe Gen 5-ondersteuning voor een hogere datadoorvoer binnen servers en serverclusters, ondersteuning voor de nieuwste Advanced Vector Extensions 512 (AVX-512) voor een snellere datadoorvoer in het processorregister, en ondersteuning voor efficiënte numerieke typen (zoals bfloat16 en INT8) om modeltraining en inferencing te versnellen. Al deze functies hielpen de Dell servers in elke fase van de data science-pipeline in TPCx-AI.

Internet of Things (IoT): TPC Express Benchmark™ IoT (TPCx-IoT)

Het Internet of Things (IoT) is een grote bron van data voor AI en ML, met name voor real-time inferencing door AI-modellen, zoals die voor het uitvoeren van kwaliteitscontroles op productielijnen. IoT is ook een essentiële bron van trainingsdata voor AI-modellen. Dit geldt voor initiële training of nieuwe modellen, maar ook voor het trainen van bestaande modellen die zijn afgedreven.

Hoewel het geen deel uitmaakt van de pipeline voor datawetenschappen die is ingekapseld in de TPCx-AI-benchmark, is continue training van AI-modellen in productie essentieel. Na verloop van tijd kan de samenstelling van data in productieomgevingen zoals retail, financiën of gezondheidszorg op subtiele manieren veranderen. Dit kan ertoe leiden dat de nauwkeurigheid van AI-modellen geleidelijk afneemt. Het efficiënt vastleggen van bijgewerkte trainingsdata om de drift van AI-modellen te corrigeren, is een cruciaal onderdeel van elke AI- of ML-workflow.

Wat IoT onderscheidt van andere soorten ongestructureerde data, is dat IoT-apparaten vaak hun data genereren uit hun omgeving, zoals slimme luidsprekers die luisteren naar opdrachten of industriële drones die landdata verzamelen. IoT-data moeten dus efficiënt worden vastgelegd en gebruikt voor AI- en ML-workloads vanwege het grote volume, dat doorgaans groter is dan die van andere databronnen, zoals dossiers van detailhandelstransacties of de gezondheidszorg.

De TPCx-IoT-benchmark maakt directe vergelijking van verschillende software- en hardwareoplossingen voor IoT-gateways mogelijk. Omdat ze zijn gepositioneerd tussen edge-architectuur en het back-end datacenter, voeren gatewayssystemen functies uit zoals data-aggregatie voor real-time AI en ML. De TPCx-IoT-benchmark is speciaal ontworpen om verifieerbare prestaties, prijsprestaties en beschikbaarheidsstatistieken te bieden voor commercieel beschikbare systemen die doorgaans enorme hoeveelheden data opnemen van grote aantallen apparaten.

Dell Technologies heeft een wereldrecord op het gebied van **TPCx-IoT** voor Dell PowerEdge 7515 servers met 3e generatie AMD EPYC processors. Het cluster behaalde een doorvoersnelheid van 1.617.545.000 records/seconde tegen een prijs/prestatieverhouding van \$ 329,75/miljoen records/sec.³

Naast de verwerkingskracht van de 3e generatie AMD EPYC 75F3 processor, geeft onze analyse van de benchmarkresultaten ook aan dat de prestaties van de Dell servers zijn versterkt door de Broadcom 25 GbE netwerkkaarten die in het cluster worden gebruikt. Al deze functies hielpen de Dell servers hun prestaties te behalen in de TPCx-IoT-benchmark, waarbij de resultaten van Dell Technologies vooral relevant zijn voor organisaties die Cloudera® gebruiken, zoals de recordhouder van Dell Technologies, om grote hoeveelheden data op de edge op te slaan voor analytics en AI.

Achter de prestatieresultaten

Omdat Dell Technologies het PowerEdge platform heeft geoptimaliseerd op basis van AMD processors, heeft het talloze wereldrecords behaald in benchmarks voor het meten van AI- en ML-prestaties. In een on-premise implementatie boden de 3e generatie AMD EPYC processors al krachtige prestaties, prestaties per watt en prestaties per CPU-dollar. In de cloud leveren AMD EPYC systemen op chip (SoC's) krachtige High Performance Computing (HPC)-geoptimaliseerde infrastructure-as-a-service (IaaS)-instanties voor veel cloudserviceproviders (CSP's), waaronder Amazon Web Services® (AWS®), Microsoft® Azure®, Google Cloud Platform™ en andere.

De 4e generatie AMD EPYC processors die worden gebruikt in de wereldrecord serverconfiguraties van Dell voor TPCx-AI bieden prestatiewinsten die kunnen worden getraceerd naar verschillende platformverbeteringen ten opzichte van het platform van de vorige generatie, waaronder:

- Een toename van 50 procent van het aantal cores⁴, meer threads en hogere frequenties, waardoor de verwerkingsprestaties direct kunnen worden verhoogd.
- 12 DIMM's/socket (vanaf 8), waarmee organisaties het beschikbare geheugen aanzienlijk kunnen vergroten. Dit vertaalt zich in snellere verwerking van grotere datasets, met name voor in-memory analytics zoals die worden uitgevoerd door Apache Spark™.
- DDR5-geheugenondersteuning voor snellere toegang tot data.
- AVX-512-ondersteuning, waarmee 4e generatie AMD EPYC processors meer gelijktijdige berekeningen in hun registers kunnen voltooien.
- Grotere L2-cache, verdubbeld van 512 KiB naar 1 MiB per core, waardoor ook bewerkingen in het geheugen worden versneld.
- PCIe Gen 5-ondersteuning, waardoor snellere onderlinge verbindingen meer data kunnen verplaatsen met een lagere latentie.
- Verbeteringen specifiek voor AI- en ML-workloads, waaronder ondersteuning voor het bfloat16 numerieke type om de training van AI-modellen te versnellen en ondersteuning voor INT8-inferencing om de prestaties van reeds getrainde modellen in productie te verhogen.

Over het algemeen werken 4e generatie AMD EPYC processors efficiënter dan hun voorgangers. De SPEC CPU® 2017 Floating Point Rate-resultaten van de Standard Performance Evaluation Corporation tonen een prestatiewinst van 121 procent aan in tests die worden uitgevoerd op een systeem met 4e generatie AMD EPYC processors, vergeleken met een systeem aangedreven door 3e generatie AMD EPYC processors.⁵ De resultaten van de SPEC CPU 2017 Integer Rates toonden een winst van 102 procent.⁶ Deze prestatieresultaten van de processor worden weergegeven in de wereldrecord benchmarkresultaten van verschillende PowerEdge platforms die we hebben onderzocht.

Het aantal cores in deze processors nam met 50 procent toe ten opzichte van de vorige generatie, wat ook de prestaties verhoogt. Tegelijkertijd tonen gepubliceerde specificaties van AMD een toename van het maximale standaard energieverbruik van slechts 42 procent, van 280 watt thermal design power (TDP) naar een maximum TDP van 400 watt.⁷ In vergelijking met de bovenstaande prestatieresultaten van de SPEC, tonen deze vermogenscijfers de mogelijkheid voor servers die zijn gebouwd op 4e generatie AMD EPYC processors om tot 55 procent prestatievoordelen te bieden voor bedrijven met AI- en ML-workloads.⁸

De TPCx-AI-benchmark, die AI- en ML-prestaties meet, weerspiegelt ook de prestaties die de Broadcom-netwerkadapters en Dell PERC-kaarten hebben laten zien. Organisaties die AI- en ML-workloads implementeren, vereisen RAID-controllers voor redundancies om te voldoen aan interne of wettelijke vereisten. De PowerEdge R6625 en PowerEdge R7615 servers die de TPCx-AI wereldrecords hebben gevestigd, zijn uitgerust met Dell PERC-kaarten met snelle NVMe RAID-ondersteuning.

AMD® hardwarematige beveiliging

Voor alle workloads die in dit onderzoek zijn geëvalueerd, zijn beveiligingsoverwegingen van cruciaal belang. 3e generatie AMD EPYC™ en 4e generatie AMD EPYC processors kunnen hardwarematige beveiliging bieden voor AI- en ML-workloads. AMD® Secure Memory Encryption (AMD® SME) versleutelt het systeemgeheugen om data te beschermen die in gebruik zijn. AMD® Secure Encrypted Virtualization (AMD® SEV) beschermt actieve virtuele machines (VM's) zodat ze zijn versleuteld en geïsoleerd van elkaar en de host-systeem hypervisor. AMD® Secure Encrypted Virtualization-Encrypted State (AMD® SEV-ES) versleutelt de CPU-registerinhoud van gestopte VM's om de opgeslagen data te beschermen. En AMD® Secure Boot helpt servers te beschermen tijdens het opstartproces, en biedt bescherming tegen rootkits, bootkits en firmware wanneer servers het kwetsbaarst zijn.

Netwerkkarten van Broadcom versnellen de datastroom voor AI/ML-workloads. Ondersteuning voor PCIe Gen 5 in zowel 4e generatie AMD EPYC processors als Broadcom NIC's maakt het mogelijk om 100 GbE Broadcom netwerkadapters te gebruiken die zijn gebouwd op de Open Compute Project (OCP) NIC 3.0-vormfactor. Deze moderne ontwerpen weerspiegelen een snelle verschuiving in de branche naar 100 GbE-adapters die zijn gebouwd op een efficiëntere vormfactor en zijn ingeschakeld door PCIe 4.0 en PCIe 5.0. Daarnaast kan ondersteuning voor PCIe 4.0 en PCIe 5.0 prestatiecijfers opleveren van een enkele NIC die vergelijkbaar zijn met twee NIC's van 100 Gbps. Met de OCP NIC 3.0-specificatie kunnen serverfabrikanten zoals Dell Technologies compactere ontwerpen gebruiken die krachtige adapters kunnen ondersteunen met geavanceerde hardwareversnellingsmogelijkheden om AI- en ML-workloads verder te versnellen.⁹

De Dell™ PowerEdge™ RAID Controller (Dell™ PERC) beschermt data en verhoogt de storageprestaties

Moderne PCIe® Gen 4 RAID-interfaces werken met NVMe Express® (NVMe®) solid-state drives (SSD's) met hoge bandbreedte om de storageprestaties aanzienlijk te verhogen. Dubbele Dell PowerEdge RAID Controller 11- en 12-kaarten (PERC 11 en PERC 12) en NVMe-adapters met zowel PCIe Gen 4-host- als PCIe Gen 4-storage-interfaces kunnen helpen bandbreedte- en latentiebeperkingen te verwijderen.



Conclusie

Benchmarkresultaten in het algemeen (en wereldrecords in het bijzonder) gaan over meer dan opscheppen van serverfabrikanten. Als ze correct worden geïnterpreteerd, kunnen best-in-industry-resultaten in benchmarks inzicht bieden in hoe servers zouden kunnen presteren in gebruiksscenario's in de echte wereld. Vanwege het marktaandeel van Dell Technologies en het aantal wereldrecords dat het bedrijf bezit, bieden de PowerEdge servers een natuurlijke kans om te onderzoeken hoe benchmarkresultaten in verband kunnen worden gebracht met prestatievoordelen voor productieorganisaties. Hoewel geen enkele toewijzing van benchmarkprestaties (wereldrecord of anderszins) 1 op 1 is, blijkt uit ons onderzoek dat de prestaties van Dell PowerEdge servers in een door de branche erkende benchmark sterke AI- en ML-prestaties aangeven in verschillende gebruiksscenario's in verschillende sectoren. Bovendien laat het aantal wereldrecords van Dell Technologies in verschillende benchmarks zien hoe het bedrijf platforms heeft ontwikkeld die profiteren van de sterke punten van de afzonderlijke componenten om haar klanten echte waarde te bieden voor een verscheidenheid aan workloads.

Bijlage A: Koppelingen naar benchmarkprestaties

- Topprestaties van TPCx-AI: www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai_perf_results5.asp
- Topprestaties van TPCx-IoT V2: www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot_perf_results5.asp?version=2

Bijlage B: Koppelingen naar systeemspecificaties van Dell Technologies

- Dell PowerEdge serverspecificatiebladen: www.dell.com/en-us/dt/servers/poweredge-rack-servers.htm

¹ History-Computer. "The 10 Largest Server Companies In The World, And What They Do." September 2022. <https://history-computer.com/largest-server-companies-in-the-world-and-what-they-do/>.

² TPC. "TPCx-AI Top Performance Results." Geraadpleegd op 1 november 2022. www.tpc.org/tpcx-ai/results/tpcxai_perf_results5.asp.

³ TPC. "TPCx-IoT V2 Top Performance Results." Geraadpleegd op 1 november 2022. www.tpc.org/tpcx-iot/results/tpcxiot_perf_results5.asp?version=2.

⁴ Tom's hardware. "Zen 4 Madness: AMD EPYC Genoa With 96 Cores, 12-Channel DDR5 Memory, and AVX-512." Augustus 2021. www.tomshardware.com/news/zen4-madness-amd-epyc-genoa-with-96-cores-12-channel-ddr5-memory-and-avx-512.

⁵ Tot 121 procent hogere SPEC® Floating Point-prestaties waarbij eerste klas 4e generatie AMD EPYC™ processors met eerste klas 3e generatie AMD EPYC processors worden vergeleken op basis van SPEC Floating Point-score van 1410 behaald op een Dell™ PowerEdge™ R7625 server aangedreven door AMD EPYC 9654 processors, vergeleken met een score van 636 op een Dell PowerEdge R7525 server aangedreven door AMD EPYC 7763 processors. Scores geraadpleegd vanaf 10 november 2022. Zie de benchmarkresultaten van Standard Performance Evaluation Corporation. <http://spec.org/benchmarks.html>.

⁶ Tot 102 procent hogere SPEC® Integer Rate-prestaties waarbij eerste klas 4e generatie AMD EPYC™ processors met eerste klas 3e generatie AMD EPYC processors worden vergeleken op basis van SPEC Integer Rate-score van 1660 behaald op een Dell™ PowerEdge™ R7625 server aangedreven door AMD EPYC 9654 processors, vergeleken met een score van 821 op een Dell PowerEdge R7525 server aangedreven door AMD EPYC 7763 processors. Scores geraadpleegd vanaf 10 november 2022. Zie de benchmarkresultaten van Standard Performance Evaluation Corporation. <http://spec.org/benchmarks.html>.

⁷ AMD. Webpagina met AMD EPYC 7003-serie processorspecificaties. www.amd.com/en/processors/epyc-7003-series.

⁸ 55 procent CPU-prestaties per watt verbetering die worden berekend met behulp van de SPEC® Floating Point-score van 1410 op een Dell™ PowerEdge™ R7625 server aangedreven door AMD EPYC 9654 processors met een processor-cTDP van 400 watt, vergeleken met een score van 636 op een Dell PowerEdge R7525 server aangedreven door AMD EPYC 7763 processors met een processor-cTDP van 280 watt.

⁹ Broadcom. Productoverzicht NetXtreme E-serie OCP NIC 3.0 Ethernet-adapters. 2021. <https://docs.broadcom.com/doc/12395120>.

