

Sem frente nem traseira, equipado com 20 “olhos”, como demonstração prática de um novo princípio de design chamado simetria dinâmica. Para os pesquisadores, o importante não é aparência, mas a capacidade de se mover de maneira uniforme

General Robotics Lab, Duke University



» ROBERTA BIANCA*

Pesquisadores em robótica da Universidade Duke, no estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, desenvolveram o Argus, um robô sem frente nem traseira, equipado com 20 “olhos”, como demonstração prática de um novo princípio de design chamado simetria dinâmica.

A simetria está presente em toda a natureza, desde a forma bilateral dos vertebrados até a geometria radial das estrelas-do-mar. Durante décadas, especialistas em robótica tentaram reproduzir essas estruturas e capacidades naturais criando máquinas inspiradas em humanos, cães e insetos.

No entanto, os pesquisadores defendem que o mais importante não é a aparência do robô, mas sua capacidade de se mover de maneira uniforme em qualquer direção do espaço. Guiada por esse conceito, a equipe simulou mais de 1.500 configurações robóticas até alcançar um projeto próximo do máximo teórico de desempenho.

Diretor da ABB Robotics, em São Paulo, Rodrigo Bueno explica: “Isso muda também a forma como a indústria projeta e avalia robôs. O desempenho deixa de ser medido apenas pelo que a máquina consegue fazer em condições ideais e passa a considerar como ela se comporta diante de variações reais do ambiente. A tendência é que robôs industriais, colaborativos e móveis sejam cada vez mais avaliados pela combinação entre precisão física, capacidade de percepção, tomada de decisão segura e flexibilidade operacional”.

O resultado foi o Argus, um robô sem frente ou traseira composto por 20 pernas modulares e telescópicas, que se irradiam de um núcleo central. Cada uma possui uma câmera de profundidade em sua extremidade, fazendo com que o robô se assemelhe a um ouriço-do-mar.

Segundo o pesquisador principal da Universidade de Duke, Boyuan Chen, a propriedade mais profunda, presente em tudo, desde vírus até estrelas-do-mar e na disposição helicoidal das sementes de girassol, é a simetria. “A simetria organiza a maneira como os seres vivos percebem, se movem e respondem a perturbações”. Ele continua: “Queríamos fazer uma pergunta diferente: o que acontece quando copiamos o princípio em vez da silhueta? Essa pergunta nos levou à simetria dinâmica — a ideia de que um robô deve ser capaz de se impulsionar com a mesma eficiência em

A nova tecnologia é capaz de atravessar florestas, superfícies molhadas e terrenos arenosos com facilidade. O robô também consegue se estabilizar rapidamente após impactos



Duas perguntas para

RODRIGO BUENO,
diretor da ABB Robotics

Na visão da indústria, qual é o papel da inspiração em princípios da natureza no desenvolvimento de novas gerações de robôs?

“A robótica bioinspirada é uma frente relevante de pesquisa e inovação, especialmente no ambiente acadêmico e em centros de desenvolvimento tecnológico. Mais do que reproduzir mecanismos da natureza, o avanço da robótica

industrial está na capacidade de combinar automação, sensores, visão computacional, inteligência artificial, simulação e controle avançado para desenvolver sistemas cada vez mais flexíveis, inteligentes e adaptáveis.”

Quais são os principais desafios técnicos, econômicos e regulatórios para transformar conceitos avançados de robótica

Arquivo pessoal



desenvolvidos em ambiente de pesquisa em soluções industriais seguras, escaláveis e comercialmente viáveis?

“O primeiro desafio é técnico. Um protótipo de

pesquisa normalmente demonstra uma capacidade específica; uma solução industrial precisa operar de forma contínua, previsível e segura. Isso exige testes em diferentes condições, confiabilidade dos componentes, integração com sensores e softwares,

manutenção planejada, segurança funcional e capacidade de resposta a situações inesperadas. O segundo desafio é econômico. Para chegar ao mercado, uma tecnologia precisa demonstrar que pode ser fabricada, instalada, operada e mantida em escala. O terceiro desafio é regulatório e de segurança. Quanto maior a autonomia e a interação com ambientes não estruturados, maior a importância de validação, rastreabilidade, cibersegurança, limites de operação bem definidos e conformidade com normas aplicáveis.”

qualquer direção. O Argus é o resultado desse princípio levado ao limite.”

Além das fronteiras

A nova tecnologia é capaz de atravessar florestas, superfícies molhadas e terrenos arenosos com facilidade. O robô também consegue se estabilizar rapidamente após impactos, reorientar-se instantaneamente em qualquer direção, subir verticalmente entre paredes próximas e até carregar ou empurrar cargas em espaços confinados.

Uma das capacidades mais inovadoras do Argus está justamente em seu princípio de design. À medida que a simetria dinâmica se aproxima do limite teórico, o desempenho melhora em praticamente todos os aspectos fundamentais da robótica, incluindo rastreamento de trajetória, robustez, eficiência energética, resistência a danos e desempenho em terrenos difíceis. O princípio também funciona como um padrão unificado que pode ser aplicado a plataformas robóticas já existentes.

O nome do robô foi inspirado em Argos Panoptes, o sentinela onisciente da mitologia grega. O Argus combina atuação corporal completa com percepção corporal completa. Suas pernas telescópicas equipadas com câmeras estão distribuídas nos vértices de um dodecaedro regular, uma forma tridimensional composta por 12 faces pentagonais. Essa configuração produz uma distribuição quase perfeitamente uniforme de aceleração instantânea e um campo de visão praticamente homogêneo em todas as direções.

No centro das capacidades do Argus está o conceito matemático de isotropia dinâmica, um índice que varia de 0 a 1 e mede a uniformidade com que um robô consegue acelerar seu centro de massa em qualquer direção. Robôs convencionais, como quadrúpedes de última geração, humanoides e drones tradicionais, geralmente pontuam abaixo de 0,6. Já o Argus alcança aproximadamente 0,91, muito próximo do limite teórico.

O pesquisador também destaca possíveis aplicações futuras da tecnologia: “A primeira aplicação está na

resposta a desastres e inspeções em ambientes colapsados, desordenados e imprevisíveis. São locais onde um robô pode tombar, ser empurrado ou perder membros — e, nesses casos, não ter uma orientação preferencial é exatamente a característica desejada”.

A segunda aplicação, segundo ele, é na exploração planetária e em ambientes de baixa gravidade. A terceira envolve inspeções em espaços confinados e não estruturados, como tubulações, minas, instalações industriais e ambientes agrícolas. O ponto em comum entre esses cenários é que o ambiente não se comporta da mesma forma que no laboratório.

Em simulações, a equipe demonstrou que, conforme a simetria dinâmica se aproxima do limite teórico, o desempenho do robô melhora significativamente em praticamente todos os aspectos essenciais da robótica. Isso inclui maior robustez, eficiência, resistência a danos e sucesso em terrenos complexos.

O Argus demonstrou uma ampla gama de habilidades aprendidas apenas em simulações, como rolar sobre concreto, grama, folhagem, areia fofa, superfícies molhadas e cascas de árvores; adaptar-se a danos, continuando a se mover mesmo com três patas quebradas; além de acompanhar e empurrar um cubo de três pés enquanto rola continuamente.

Rodrigo Bueno destaca as implicações para a indústria: “A transição entre laboratório e indústria depende de um ecossistema. Universidades, centros de pesquisa, fabricantes, integradores, empresas usuárias e organismos normativos precisam atuar de forma coordenada. A inovação em robótica não termina quando o protótipo funciona; ela se consolida quando a tecnologia consegue operar com segurança, confiabilidade e escala em situações reais”.

A tecnologia faz parte da missão de longo prazo do Laboratório de Robótica Geral de Boyuan Chen, que busca desenvolver a chamada “Robótica de Descoberta”: máquinas capazes de aprender, agir e colaborar enquanto descobrem como o mundo funciona. Diferentemente de grande parte das pesquisas atuais, focadas em tarefas pré-programadas, o grupo projeta robôs como instrumentos de descoberta científica, capazes de revelar novos princípios sobre inteligência, movimento e adaptação.

*Estagiária sobre a supervisão de Marcelo Abreu.

REDUÇÃO DE TESTES

Inteligência artificial poupa animais de laboratório

O professor Jorn Lotsch, cientista de dados e farmacologista clínico da Universidade Goethe, na Alemanha, em cooperação com o professor Alfred Ultsch, cientista da computação da Universidade Philipps de Marburg, desenvolveu uma inteligência artificial generativa chamada genESOM, para reduzir o número de testes em animais. A tecnologia é baseada em uma rede de milhões de neurônios artificiais que “aprendem” a estrutura interna de conjuntos de dados, permitindo ampliar o volume de informações obtidas experimentalmente e simular um número maior de animais em experimentos do que os realmente utilizados.

No desenvolvimento de medicamentos, novas substâncias ativas ainda são testadas em animais. Pesquisadores convivem com um dilema ético: ao mesmo tempo em que buscam reduzir ao máximo o número de animais utilizados,

também precisam garantir amostras suficientes para produzir resultados confiáveis e representativos, como na verificação da eficácia de novos medicamentos candidatos.

O farmacêutico e coordenador do curso de Farmácia da Universidade de Guarulhos, Anderson Carniel, explica o uso de animais na indústria farmacêutica: “O avanço dessas tecnologias vai promover uma redução gradual no modelo animal, mas a gente torce para que isso não comprometa a segurança dos medicamentos. Quando falamos de medicamentos no Brasil, precisamos pensar no trinômio: segurança, eficácia e qualidade. Esse equilíbrio será construído com inovação e diálogo entre universidade, indústria e órgãos regulamentadores”.

No Brasil, a Lei 15.183 proíbe testes em animais para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes, bem como para ingredientes usados

Closeup



A tecnologia é baseada em uma rede de milhões de neurônios artificiais

exclusivamente nesses itens. Entretanto, a legislação ainda permite o uso de animais em pesquisas da indústria farmacêutica. Mais de 45 países já aderiram à proibição de testes em animais para cosméticos, mas a utilização em pesquisas farmacêuticas continua sendo

um desafio ainda não solucionado.

A presidente do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), Luisa Braga, relata os impactos que animais utilizados em testes podem desenvolver: “Desde procedimentos mais simples, como coleta de amostras, até testes mais

invasivos, que podem envolver administração de substâncias ou cirurgias. O grau de desconforto ou dor depende do protocolo adotado. E hoje há critérios rigorosos para interromper o experimento, se o sofrimento ultrapassar limites aceitáveis”.

Para treinar a IA, cientistas utilizam dados de um estudo com ratos, previamente publicado e conduzido no Fraunhofer ITMP. A equipe alcançou duas principais inovações. A primeira foi treinar a IA para gerar novos dados, a partir das informações originais do estudo, integrando-os à estrutura de dados aprendida como se tivessem sido obtidos em experimentos reais.

O segundo avanço foi a integração do monitoramento diário de erros no processo de geração de novos dados. Métodos de IA generativa correm o risco de amplificar não apenas sinais relevantes, mas também ruídos e variações aleatórias. Esse problema,

conhecido como “inflação de erros”, pode levar à identificação incorreta de variáveis insignificantes como se fossem relevantes para o tratamento.

Ao separar a fase de aprendizagem da fase de síntese, os pesquisadores conseguiram introduzir um sinal artificial de erro no processo e medir com precisão sua propagação. Isso resultou em um critério de parada baseado em dados, capaz de interromper a geração antes que a validação científica fosse comprometida.

O genESOM passou por um teste prático utilizando dados de um estudo pré-clínico em um modelo de Esclerose Múltipla. No estudo original, 26 camundongos foram divididos em três grupos de tratamento para investigar os efeitos de um medicamento experimental. Em seguida, os pesquisadores reduziram o conjunto para 18 animais — seis por grupo — para simular um experimento menor. (Roberta Bianca)