

Jak se dítě učí, že může měnit svět kolem sebe? Humanoidní robot nabízí nové odpovědi

31.8.2026 - | Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze

Jak se malé dítě učí, že pohyb jeho ruky může změnit svět kolem něj? A co se přitom odehrává v jeho mozku? Mezinárodní tým vědců z Fakulty elektrotechnické ČVUT, Universität Hamburg a Université Paris Cité hledal odpovědi pomocí humanoidního robota iCub. Výsledky experimentů, které přinášejí nový pohled na mechanismy raného učení, nyní publikuje Science Robotics, nejprestižnější vědecký časopis v oboru robotiky.

Vědci z Fakulty elektrotechnické ČVUT využili humanoidního robota iCub jako model pro studium jedné ze základních schopností, kterou si osvojujeme už v prvních měsících života: pochopení, že vlastními pohyby můžeme ovlivňovat okolní svět. Experiment propojuje robotiku a umělou inteligenci s vývojovou psychologií a neurovědou. Jeho hlavním cílem přitom není naučit robota nový praktický úkol, ale pomocí robotického modelu lépe pochopit mechanismy, na nichž stojí raný vývoj lidského poznání.

Tým docenta Matěje Hoffmanna z katedry kybernetiky FEL ČVUT při experimentu navázal na klasický výzkum americké psychologky Carolyn Rovee-Collierové. V experimentu nazvaném „mobile paradigm“ leží dítě v postýlce a jedna z jeho končetin je propojena se zavěšenou hračkou. Když dítě končetinou pohne, hračka se rozhýbe. Dítě postupně objevuje, že právě jeho vlastní pohyb změnu způsobí – vytváří si tedy jeden ze základních vztahů mezi vlastní akcí a jejím následkem.

Výzkumníci z FEL ČVUT nahradili dítě humanoidním robotem iCub a vytvořili pro něj výpočetní model – zjednodušený „umělý mozek“. Robot přitom nedostal předem informaci o tom, která končetina je s hračkou propojena ani jak přesně jeho pohyb ovlivní okolí. Musel na tyto souvislosti přicházet postupně prostřednictvím vlastních pohybů a jejich následků.

Bez překvapení není objevování. U robota ani u dítěte

Klíčovou roli v modelu hrají očekávání a zvědavost. Robot si průběžně vytváří předpovědi toho, co se stane, když určitým způsobem pohne končetinou. Pokud se skutečnost od očekávání liší, vzniká „překvapení“. Právě nepředvídaný výsledek je pro model zajímavý a motivuje ho k dalšímu zkoumání. Jakmile se robot naučí daný vztah správně předvídat, přestává být nový a jeho pozornost se může přesunout jinde.

„Dítě se potřebuje naučit, které změny ve svém okolí způsobuje vlastní činností. Náš model pracuje se základními kognitivními mechanismy – predikcí, překvapením a zvědavostí. Robot očekává určitý následek svého pohybu. Když se stane něco neočekávaného, je to pro něj zajímavé a zkusí udělat podobné pohyby znovu. Právě tím se postupně učí vztah mezi svým tělem a okolním světem,“ vysvětluje doc. Matěj Hoffmann, vedoucí Laboratoře humanoidní robotiky na katedře kybernetiky FEL ČVUT.

Výhodou robota jako modelu je, že vědci přesně vědí, co jeho „mozek“ obsahuje, a mohou jeho jednotlivé mechanismy cíleně měnit. V takzvaných ablačních experimentech proto výzkumníci části modelu postupně vypínali a sledovali, zda je robot i tak schopen pochopit vztah mezi svým pohybem a reakcí sledovaného předmětu. Výsledky ukázaly, že pro jeho chování jsou důležité mechanismy

predikce a explorace, ale také například určitá míra motorického šumu.

Nestačí sledovat, která ruka se hýbe víc

Výsledky zároveň přinášejí nový pohled na interpretaci klasických experimentů s dětmi. Ty často vycházejí z předpokladu, že pokud dítě pochopí, která končetina ovládá zavěšenou hračku, začne právě touto končetinou pohybovat více.

Experimenty s iCubem ale ukázaly složitější obraz. Robot dokázal vztah mezi pohybem a reakcí hračky objevit různými způsoby. V některých případech připojenou končetinou skutečně pohyboval více, jindy s ní ale naopak pohyboval méně – zato velmi specifickým způsobem, který účinně vyvolával pohyb hračky. Samotné množství pohybu proto nemusí být dostatečným ukazatelem toho, zda dítě vztah mezi svou akcí a jejím následkem pochopilo.

„Klasická interpretace říká zjednodušeně: když se připojená ruka hýbe více, dítě pochopilo, že ovládá hračku. My ale ukazujeme, že existují i jiné strategie. Robot někdy pohyboval připojenou rukou méně, ale dělal s ní přesně takové pohyby, které měly zajímavý účinek. Pro vývojovou psychologii je to důležitý podnět, že je třeba sledovat nejen kolik se dítě pohybuje, ale také jakým způsobem,“ říká dr. Sergiu T. Popescu, vývojový psycholog působící ve výzkumné skupině FEL ČVUT.

Právě různorodost strategií může podle autorů pomoci vysvětlit i část variability v psychologických studiích. Mobile paradigm se používá desítky let, jeho výsledky se však ne vždy podařilo jednoznačně reprodukovat. Nový robotický model umožňuje podrobně sledovat nejen výsledné chování, ale také mechanismy, které k němu vedly.

Robot jako cesta k pochopení dětského mozku

Výzkum ukazuje jednu z výhod takzvané vývojové robotiky: vědci mohou vytvořit model určitého mechanismu lidského poznávání, zasadit jej do fyzického těla a následně přesně zkoumat jeho chování v reálném světě. Na rozdíl od čistě počítačové simulace vstupují do experimentu také skutečné vlastnosti těla robota, jeho motorů, senzorů i fyzického propojení s okolím.

Pro Hoffmannův tým představují humanoidní roboti stále více nástroj pro studium raného vývoje dítěte a jeho mozku. Výzkum přirozeně propojuje robotiku a umělou inteligenci s vývojovou psychologií a neurovědou.

V dlouhodobějším horizontu může mít tento směr význam také pro samotnou robotiku. Robot, který se má učit podobně jako dítě, musí nejprve získat základní představu o vlastním těle, zjistit, které vjemy jsou důsledkem jeho vlastních akcí, a postupně objevovat, co všechno dokáže ve svém okolí ovlivnit. Současná studie představuje jeden z dílčích kroků na této cestě.

„Humanoidní robot je pro nás v tomto výzkumu především nástrojem, jak porozumět ranému vývoji dítěte. Jeho výhodou je, že máme celý jeho model pod kontrolou. Můžeme jednotlivé mechanismy zapínat a vypínat a sledovat, co se změní. To s lidským mozkem samozřejmě udělat nemůžeme,“ doplňuje Hoffmann.

Robot iCub: dítě mezi roboty

iCub je humanoidní robot navržený Italským technologickým institutem (IIT) pro výzkum poznání a interakce s prostředím. Měří něco přes jeden metr, velikostně odpovídá přibližně čtyřletému dítěti a jeho tělo ovládá 53 elektromotorů. Svět vnímá prostřednictvím kamer, mikrofónů a tisíců dotykových senzorů zabudovaných v elektronické kůži. Pražská skupina z katedry kybernetiky FEL ČVUT získala iCub v rámci projektu Výzkumného centra informatiky.

<https://fel.cvut.cz/cs/aktualne/novinky/84994-jak-se-dite-uci-ze-muze-menit-svet-kolem-sebe-humanoidni-robot-nabizi-nove-odpovedi>