



SI POMOŻE PODEJMOWAĆ ZŁOŻONE DECYZJE

Każdy człowiek codziennie staje przed różnej wagi wyborami. O tym, jak może w nich pomóc sztuczna inteligencja, opowiada **dr hab. inż. Miłosz Kadziński**.

ACADEMIA: Jakie obecnie są światowe trendy w obszarze sztucznej inteligencji? Rozwój których obszarów pochłania czas naukowców?

MIŁOSZ KADZIŃSKI: Na przestrzeni ponad 60 lat rozwoju sztucznej inteligencji doświadczyła ona różnych trendów, inspirowanych zarówno przez zapo-

trzebowanie na udoskonalenie coraz bardziej zaawansowanych procesów, jak i postęp technologiczny. Obserwowalne w ostatnich latach spektakularne sukcesy przetwarzania opartego na danych odsunęły w cień tradycyjne paradygmaty sztucznej inteligencji, które świączyły triumfy jeszcze pod koniec XX w.



takich jak sprzęty gospodarstwa domowego, pojazdy, budynki czy kamery.

W sztucznej inteligencji renesans przeżywa też zainteresowanie ekonomicznym i społecznym wymiarem obliczeń. Potęguje to rozwój badań związanych z algorytmiczną teorią gier, teorią społecznego wyboru czy projektowaniem mechanizmów, tak by działające w nich jednostki, realizując swoje indywidualne interesy, osiągnęły rozwiązania dobre dla ogółu.

Badania nad nowymi metodami sztucznej inteligencji często motywowane są chęcią efektywnego zmierzenia się z problemami życia codziennego. W tym względzie najbardziej spektakularne sukcesy obserwujemy w zakresie rozwoju transportu, urządzeń domowych i mobilnych oraz służby zdrowia. Wielu z nas już korzysta ze sztucznej inteligencji wbudowanej w samochody lub aplikacje do planowania tras i organizacji transportu na żądanie. Powszechnie pojawiają się na ulicach autonomiczne pojazdy wydające się kwestią najbliższych lat. Coraz większą popularność zyskują w Polsce inteligentne roboty sprząające, a postępujący rozwój algorytmów do rozpoznawania obrazów i mowy sprawia, że możemy wchodzić w interakcję z szerokim spektrum urządzeń. Diagnostyka chorób oraz podjęcie decyzji odnośnie sposobu leczenia w znacznym stopniu opiera się na wsparciu lekarzy z wykorzystaniem sztucznej inteligencji, a wiele urządzeń mobilnych wyposażonych jest w aplikacje monitorujące zdrowie i pomagające w dbaniu o zdrowie. Rozwój sztucznej inteligencji przynosi równie imponujące sukcesy w zakresie edukacji, bezpieczeństwa publicznego oraz sektorze rolnictwa, a także w rolnictwie i przemyśle, które zmagają się z problemem braku siły roboczej.

Wielokryterialne wspomaganie decyzji to główny obszar pana zainteresowań badawczych.

Czy można prosić o wyjaśnienie, o jakie decyzje dokładnie chodzi?

Istotą tej dyscypliny jest rozwój narzędzi pozwalających na rozwiązywanie problemów decyzyjnych, w których zbiór potencjalnych wariantów ocenia się z wielu, często konfliktowych, punktów widzenia formalizowanych przez kryteria oceny. Wielokryterialne wspomaganie decyzji wyrywa się ramom prostych klasyfikacji dyscyplin naukowych. Z jednej strony w pełni uzasadnione jest postrzeganie go jako jednego z najistotniejszych nurtów współczesnej informatyki, a z drugiej – jest jednak dyscypliną o charakterze interdyscyplinarnym, ponieważ informatyka znajduje tu przecięcie z ekonomią, matematyką, kognitywistyką, psychologią oraz politologią. Dopiero ich synteza pozwala na efektywne zmierzenie się z problemami wielokryterialnymi.

Co do istotności problemów wielokryterialnych i ich występowania w życiu codziennym, to wystarczy wspomnieć, że każdego dnia miliardy ludzi podejmują



dr hab. inż. Miłosz Kadziński

Jest członkiem Zakładu Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej. Jego dyscypliną naukową jest informatyka, a w szczególności komputerowe wspomaganie decyzji. Laureat wielu nagród krajowych i międzynarodowych, w tym nagród Prezesa Rady Ministrów, Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2018 r. oraz Nagrody Naukowej Wydziału IV Nauk Technicznych Polskiej Akademii Nauk w 2016 r.

milosz.kadziński
@cs.put.poznan.pl

Wśród aktualnych obszarów badań rozwijanych pod parasolem sztucznej inteligencji prym wiodzie uczenie maszynowe. Jego celem jest odkrywanie wzorców obserwowalnych w analizowanych danych oraz ich synteza do wiedzy przydatnej do rozwiązywania praktycznych problemów. W tym względzie szczególną uwagę badaczy przykuwają eksploracja maszynowych danych, w tym danych pochodzących z Internetu, a także analiza strumieni danych, które napływają w sposób ciągły.

Rozwój innych współcześnie istotnych obszarów sztucznej inteligencji jest determinowany przez rosnącą dostępność specyficznych danych, z których odkryta powinna zostać wiedza. Przykładami takich dziedzin są widzenie komputerowe, które zajmuje się wysokopoziomym zrozumieniem obrazów cyfrowych oraz przetwarzanie języka naturalnego, skupiające się na rozpoznawaniu dźwięków i mowy oraz rozumieniu i generacji danych w języku naturalnym.

Postęp w tych obszarach przekłada się na coraz szersze zastosowanie sztucznej inteligencji w robotyce, gdzie obecne cele ogniskują się wokół przystosowania robotów do interakcji z otaczającym je światem w dążącej się uogólnić i przewidzieć sposób. Blisko związanej z tą tematyką jest także rozwój Internetu Rzeczy, gdzie sztuczna inteligencja pomaga w przetworzeniu i praktycznym wykorzystaniu danych pochodzących z funkcjonowania wzajemnie połączonych urządzeń,

decyzje dotyczące kupna produktów, ważąc ich cenę, wartość i jakość. Często nie zdają sobie przy tym sprawy, że rozwiązują jednocześnie problem wielokryterialnego wyboru. Pozostałe kategorie problemów rozważanych we wspomagananiu decyzji dotyczą porządkowania wariantów decyzyjnych od najlepszego do najgorszego lub ich przydziału do predefiniowanych i uporządkowanych klas. Przykładem tego pierwszego jest konstrukcja rankingu programów studiów, która musi uwzględniać reputację uczelni, jakość kształcenia czy karierę zawodową absolwentów. Z kolei problem reprezentatywny dla wielokryterialnego sortowania wiąże się z oceną zdolności kredytowej przedsiębiorstw, która sprowadza się do przypisania ich do jednej z klas ryzyka na podstawie pozycji na rynku, sposobu zarządzania, zyskowności inwestycji, przepływów pieniężnych czy struktury kapitału.

Wielowymiarowy i konfliktowy opis wariantów decyzyjnych jest zjawiskiem typowym dla wszystkich

Kluczowe dla fazy modelowania problemu są zdefiniowanie celu decyzyjnego, identyfikacja podmiotów mających wpływ na podjęcie ostatecznej decyzji oraz czynników ją ograniczających, określenie wariantów decyzyjnych, kryteriów i samych ocen. W problemie wyboru dostawcy produktów dla hinduskiej firmy z sektora spożywczego, w którego rozwiązaniu niedawno brałem udział, decydentami byli szefowie działów zakupów, produkcji oraz bezpieczeństwa żywności. Zbiór potencjalnych wariantów tworzyło kilku dostawców, którzy spełnili wstępne wymagania co do wymaganej wielkości produkcji oraz czasu dostaw. Kilkaście kryteriów oceny odzwierciedlało zaś trzy filary zrównoważonego rozwoju odwołujące się do aspektów ekonomicznych, środowiskowych oraz społecznych.

Kolejne fazy procesu decyzyjnego wymagają już wiedzy stricte informatycznej i w związku z tym dają większe pole do popisu w kontekście ich oryginalnej implementacji. Dotyczą one reprezentowania subiektywnych preferencji decydentów w kategoriach parametrów matematycznego modelu wiedzy. Proces ten nazywamy modelowaniem preferencji. Konstruowany w jego wyniku model pozwala na agregację ocen poszczególnych wariantów w sposób odzwierciedlający rozumowanie decydentów, a tym samym na wypracowanie rekomendacji zgodnej z ich preferencjami. Faza ta musi być dostosowana do typu rozważanego problemu, postaci spodziewanego wyniku, charakterystyki kryteriów i ocen, dostępności preferencji oraz liczby zaangażowanych decydentów.

Często wypracowanie rekomendacji nie jest końcem procesu decyzyjnego. Prezentowany wynik może być bowiem przyczynkiem do uaktualnienia lub wzbogacenia preferencji decydentów, którzy z biegiem czasu zdobywają dodatkową wiedzę o problemie. Mogą oni też poprosić o generację uzasadnień, które pozwolą im lepiej zrozumieć rekomendowaną decyzję, lub zbadanie scenariuszy popraw ocen dla niektórych wariantów, które sprawiłyby, że rekomendacja byłaby dla nich bardziej korzystna.

Wobec tak dużych wyzwań czyhających na wszystkich etapach procesu decyzyjnego kluczową jest w nim rola analityka. Pełni on funkcję pośrednika między światem wspomaganiania decyzji a decydentami, którzy zwykle nie mają dogłębnej wiedzy o formalnych metodach. Jego zadaniem jest zadawanie decydentom odpowiednich pytań i interpretacja odpowiedzi, tak by dobrać właściwą metodę, a potem zapewnić uzyskanie postępu poprzez stopniową realizację poszczególnych etapów. Praca analityka musi łączyć znajomość modeli matematycznych, metod inteligencji obliczeniowej oraz oprogramowania z ich praktycznym wykorzystaniem w kontekście rzeczywistych problemów decyzyjnych.

Jakie ma pan marzenia badawcze?

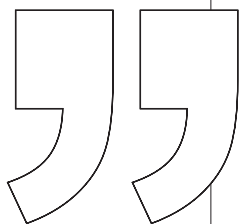
Moje marzenia naukowe związane ze wspomaganianiem decyzji wiążą się z wykorzystaniem metod, nad któ-

Sztuczna inteligencja najbardziej spektakularne sukcesy odnosi w zakresie rozwoju transportu, urządzeń domowych i mobilnych oraz służby zdrowia.

problemów decyzyjnych spotykanych w tak różnych dziedzinach jak transport, zarządzanie, medycyna, bankowość, gospodarka przestrzenna, inżynieria czy ochrona środowiska. We wszystkich tych problemach analiza samych ocen wariantów na poszczególnych kryteriach jest narzędziem niewystarczającym do skutecznego rozwiązania problemu decyzyjnego. W związku z tym metody analizy wielokryterialnej muszą uwzględniać w swoim działaniu także preferencje decydentów, a ich głównym zadaniem jest rekomendacja decyzji najbardziej spójnej z systemem wartości uczestników problemu decyzyjnego.

Jaka jest ścieżka od powstania symulacji procesu decyzyjnego do rozwiązania realnego problemu?

Wspomaganianie rzeczywistego procesu decyzyjnego wymaga realizacji kilku następujących po sobie etapów, pomiędzy którymi bardzo często występuje pętla zwrotna. Do etapów tych należą modelowanie problemu decyzyjnego, zbieranie informacji o preferencjach decydentów, użycie tej informacji do konstrukcji matematycznego modelu preferencji, wykorzystanie tego modelu do agregacji ocen wariantów i wypracowania rekomendacji oraz generacja dedykowanych wyjaśnień.



DR HAB. INŻ. MIŁOSZ KADZIŃSKI

rymi pracuję, do rozwiązania rzeczywistych problemów decyzyjnych. Wiele takich zastosowań już miało miejsce, ale życzyłbym sobie, żeby ten wymiar był zdecydowanie większy. Nie ma nic przyjemniejszego dla informatyka niż odkrycie, że opracowane przez niego algorytmy lub rozwijane oprogramowanie zostały wykorzystane przez kogoś innego do rozwiązania problemu o istotnym znaczeniu dla funkcjonowania jednostek, firm, organizacji lub całego społeczeństwa.

Moje inne marzenie dotyczy napisania książki, w której o wspomaganiu decyzji będzie mówiło się prostym językiem. Artykuły, nad którymi pracujemy na co dzień, wymuszają pewne formalizmy i schematy, które nie są przyjazne dla zwykłego odbiorcy. Podczas prowadzonych przeze mnie zajęć dydaktycznych na Politechnice Poznańskiej staram się opowiadać o wspomaganiu decyzji językiem, który jest mniej naukowy i w konsekwencji bardziej przystępny dla studentów. Przelanie takiego sposobu mówienia na papier nie jest jednak zadaniem łatwym i zapewne upłynie jeszcze kilka lat, zanim to marzenie zrealizuję.

Wydaje mi się też, że naturalnym etapem rozwoju każdego naukowca jest szukanie nowych bodźców i wyzwań. W moim przypadku chodzi o rozwój metod i algorytmów, które wzbogacają tradycyjnie rozumiane wspomaganie decyzji o aspekty typowe dla innych dyscyplin algorytmicznej teorii decyzji. Należą do nich choćby uczenie maszynowe, ewolucyjna optymalizacja wielokryterialna, analiza efektywności jednostek decyzyjnych, teoria społecznego wyboru, decyzje grupowe i negocjacje. Realizacja badań na przecięciu różnych dyscyplin pozwala na skorzystanie z wiedzy i doświadczenia, które zdobyło się w jednej z nich, ale jednocześnie na stawianie czoła problemom, z którymi już zmagają się badacze w innej dyscyplinie albo których jeszcze nie dostrzegli. Odkrywanie nowych specjalności naukowych to dla mnie fascynująca podróż, która pozwala uniknąć znużenia pracami prowadzonymi przez wiele lat w ramach tej samej dyscypliny.

Wielokryterialna analiza decyzji to jeden z nurtów badania sztucznej inteligencji z zastosowaniem dla ekonomii. Czy w Zakładzie Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji na Politechnice Poznańskiej prowadzone są poszukiwania naukowe także z innych dziedzin związanych ze sztuczną inteligencją?

Wielu pracowników Zakładu Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji rozpoczęło swoje kariery naukowe, rozwijając metody wielokryterialnej analizy decyzji. Jest to w pełni zrozumiałe w kontekście kompetencji kierownika Zakładu profesora Romana Słowińskiego, który jest jednym z najwybitniejszych światowych autorytetów w dziedzinie komputerowego wspomaganie decyzji. Choć dyscyplina ta wciąż wiedziedzie prym w naszym zespole, to na przestrzeni ostatnich 15 lat zainteresowania naukowe ponad 20

członków Zakładu rozwinęły się w różnych kierunkach. Ogromna część tych badań jest jednak wciąż zorientowana wokół rozwoju aktywnych systemów informatycznych, które cechuje zdolność uczenia się wiedzy z danych i adaptacji do zmiennych warunków otoczenia.

W zakresie uczenia maszynowego prowadzone przez nas badania dotyczą głównie etykietowania zasobów internetowych, w tym problemów klasyfikacji wieloetykietowej, analizy strumieni danych, danych masywnych i niezrównoważonych, a także systemów rekomendacyjnych i uczenia przyrostowego dla złożonych problemów predykcyjnych. Duże sukcesy odnosimy w zakresie opracowania systemów wieloagentowych oraz symulacji sztucznego życia. W tych obszarach prowadzone badania dotyczą głównie konstrukcji agentów inteligentnych operujących w zadanych środowiskach, ewolucji konkurujących robotów i symulacyjnej weryfikacji agentów.

Nie ma nic przyjemniejszego dla informatyka niż odkrycie, że opracowane przez niego algorytmy są wykorzystane do rozwiązywania problemów o istotnym znaczeniu społecznym.

Szeroki nurt badań dotyczy optymalizacji i modelowania systemów złożonych. Ich wyniki mają praktyczne przełożenie na przypadki użycia w transporcie, logistyce i planowaniu produkcji. Członkowie Zakładu rozwijają też zaawansowane systemy rozpoznawania obrazów, które świetnie sprawdzają się w wizualnej diagnostyce, monitorowaniu procesów oraz analizie obrazów medycznych. Systemy te w coraz większym stopniu opierają się na głębokich sieciach neuronowych. Warto też wspomnieć o nowych kierunkach badań zorientowanych wokół automatycznej generacji modeli matematycznych lub syntezy programów komputerowych, które są spójne z zadaniem zbiorem wymagań w postaci przykładów testowych lub ograniczeń.

Nasze umiejętności i doświadczenie mogą pomóc w rozwiązaniu wielu konkretnych problemów technicznych, produkcyjnych, biznesowych czy medycznych. Mam nadzieję, że polskie firmy, organizacje pożytku publicznego oraz agencje rządowe i samorządowe będą z tych kompetencji korzystać coraz częściej.

Z DR. HAB. INŻ. MIŁOSZEM KADZIŃSKIM
ROZMAWIAŁA DR JUSTYNA ORŁOWSKA

