

## VAN OLYAN KÖNYV, AMELYIKBŐL MEG TUDJUK TANULNI A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA MŰKÖDÉSÉT, VAGY MÁR ÚGYIS KÉSŐ?

IS THERE A BOOK FROM WHICH WE CAN LEARN HOW AI WORKS,  
OR IS IT TOO LATE ANYWAY?

KOVÁCS MÁRK

Pannon Egyetem, HTK Digitális Módszertani Intézet, Veszprém

Béérkezett: 2023. november 12., elfogadva: 2024. január 9.

STUART J. RUSSELL & PETER NORVIG: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (4th edition.) Harlow, 2021. Pearson Education Limited. xvii + 1115 pp. ISBN: 9781292401133. <https://aima.cs.berkeley.edu/global-index.html> [Letöltve: 2023. 11. 03.]

Mesterséges intelligencia. Az elmúlt év egyik legfelkapottabb kifejezése, hiszen 2022 novemberétől kezdetét ismerkedni a világ a Chat-GPT-vel. Sokan ekkor döbbsentek rá, hogy a tudományos-fantasztikus regények és filmek gondolkodó gépei nemcsak valamikor a távoli jövőben fognak megjelenni, hanem a technika már ma is létezik (sőt, igazából évek, évtizedek óta használjuk, alkalmazzuk azokat az algoritmusokat, amelyek kapcsán a mesterséges intelligencia kifejezést használni szoktuk). Szüksége van-e egy átlagos felhasználónak arra, hogy megértse a mesterséges intelligencia működését, vagy elég, ha használni tudja? Egyáltalán megtanulható, megismerhető a mesterséges intelligencia működése, vagy már régen kicsúszott az ellenőrzés a kezünkől? Stuart Russell és Peter Norvig *Mesterséges Intelligencia – korszerű meg-*

*közelítésben* című kötete azoknak szól, akik nem elégszenek meg azzal, hogy varázsdobozként játszadozzanak egy újonnan elérhető technikával, és nemcsak megérteni szeretnék, hogy mi a mesterséges intelligencia, hanem szakértőjévé is akarnak válni. A könyv elolvasása, megtanulása önmagában még nem elegendő ehhez, ugyanakkor megfelelő alapot teremt a továbblépésre. A témával ismerkedők bőséges muníciót kapnak az induláshoz, de a továbbiakban mindenképpen szükségük lesz matematikai, algoritmizálási, programozási ismeretekre, ezeket ebből a könyvből nem fogják tudni elsajátítani.

A mű azt a feladatot tűzte ki célul, hogy teljes körűen, ugyanakkor elsajátíthatóan mutassa be a mesterséges intelligencia immár több mint 70 éves múltra visszatekintő tudományát. A

---

Levelező szerző: Kovács Márk mesteroktató. E-mail: kovacs.mark@htk.uni-pannon.hu

2021-ben negyedik kiadásban megjelent kötet ugyanis tankönyv, illetve akként is használható. A szerzők javaslata szerint a 28 fejezetet két szemeszter alatt érdemes feldolgozni. Mivel tehát műüket tankönyvként (is) ajánlják, a könyv ismertetése mellett azt is megvizsgáltam, hogy használható-e tankönyvként, megtanulható-e tananyagként. Az első fejezetekben olvasható általános bevezetés, a mesterséges intelligencia kutatásának története és a tématerület alapvető fogalmainak tisztázása után következő további hat rész, vagyis a több mint 1100 oldalas mű részletes bemutatása szétfeszítené ennek a recenziónak a korlátait, ezért inkább egy kiválasztott fejezetről adok bővebb összefoglalást, hogy az olvasó láthassa, milyen mélységig dolgozza fel a mű az egyes témaköröket, és azt is, hogy a szakmai tartalmat hogyan formálták a szerzők tananyaggá.

A *Problémamegoldás kereséssel* című (harmadik) fejezet néhány mondatos bevezető után – amelyben felvázolja a fejezet témáját és felsorolja a fogalmakat – egy valós, bárki által ismert, könnyen befogadható példán keresztül vezet végig az olvasót a problémamegoldó ágensek működésének megértéséhez vezető úton: hogyan tervezik meg a navigációs szoftverek az utat Temesvárról Bukarestbe. Ne ijedjünk meg a szóhasználatától, a szerzők a mesterséges intelligenciát úgynevezett ágensekként definiálják. Az angol *agent* (ügynök) szó tükörfordítása talán nem elég annak megmagyarázására, hogy mit is értenek alatta. Az ágens nem más, mint valami, ami valamit cselekszik (az ágens a latin *agere*, 'tenni' szóból származik).

Mielőtt folytatnánk a fejezet részletes megismerését, tegyünk egy kitérőt a könyv stílusára, szövegezésére. Tananyagok készítésénél fontos, hogy a tanulók figyelmét, érdeklődését, motivációját fenntartsuk, méghozzá úgy, hogy közben sem a tudományos tartalom, sem annak interpretációjába vetett bizalom nem szenvedhet kárt. Röviden szólva kényes egyensúlyt kell tartani a tartalom és a közbevetett pihentető, szórakoztató szövegrészek között. Russellék gondoskodnak erről: jól elhelyezett és megfelelően adagolt könnyedebb megjegyzéseik elegendő

pihenőidőt biztosítanak a rendkívül alaposan, ugyanakkor jól követhetően megformált szakmai tartalom olvasása közben. A szöveg könnyen olvasható, a megértést segítik a közbevetett kérdések és a rájuk adott válaszok: az olvasó szinte hallja, ahogy egy jó előadó magyarázza az anyagot.

A könyv tipográfiai megoldásai (széljegyzetek, kiemelések, behúzások és nem utolsósorban az áttekinthető és jól érthető ábrák) gondoskodnak arról, hogy az olvasó, vagyis a tanuló pontosan tudja, hogy hol tart a tananyagban, mik a fontos pontok, amiket nem szabad szem elől téveszteni.

A didaktikai megoldások után térjünk vissza a tartalomhoz! Mit tesz tehát az ágens azért, hogy megtalálja a helyes utat? Megfogalmazza a célt, jelen esetben azt, hogy el kell jutnia valahonnan valahová. Ezután megalkotja a probléma megoldásához szükséges környezet modelljét, amely kiindulási és célállapotokból és akciókból áll. A könyv által feldolgozott példában akción egy utazást értünk egyik városból a következőbe, célállapoton pedig az akció következtében létrejövő új helyzetet, tehát azt, hogy hol is lennénk éppen az akció végrehajtása után. Az ágens harmadik lépésként végrehajtja a keresést, amiben különböző cselekvéssorozatokat szimulál, amelyeknek egyike lehetőleg eléri a kívánt célt: eljuthat Temesvárról Bukarestbe. (Persze olyan eset is előfordulhat, amikor nincs megoldás.) Utolsó lépésként egymás után végrehajtja a saját maga által megtalált megoldásban szereplő műveleteket.

Ez így leírva egyszerűnek tűnik, és érthető azok számára is, akik csak eddig a szintig voltak kíváncsiak a kérdésre. Tehát aki például csak egy egyszeri, a mesterséges intelligencia működésének alapjairól szóló tanórára készül fel, itt akár meg is állhat, és továbbléphet a következő fejezetre. Aki azonban jobban el akar mélyülni a témában, annak számára a könyv további segítséget nyújt. A fejezet körkörösén, egy-egy adott problémát egyre jobban kibontva halad a mélyebb megértést segítő irányban. Mik az állapotok, milyen állapotok lehetségesek, hogyan lehet ezeket az állapotokat formálisan definiálni,

vagy milyen akciók lehetségesek, illetve az akcióknak milyen költségei vannak? Jelen példánál maradva – amit a könyv szerzői következetesen alkalmaznak – egy akció költségét olyan dolgok jelenthetik például, hogy milyen távolságra van egymástól két város. Mindezek a lehetséges állapotok, akciók és költségeik egy gráffal reprezentálhatóak, amelyek már a magas szintű matematika világába vezetnek.

A környezet modelljének létrehozása absztrakció, hiszen a végtelen részletességű környezetből csak a probléma megoldásához szükséges szinten és mértékben tartalmazza a részleteket. Az absztrakció akkor hasznos, ha a létrehozott modell egyes akcióinak megoldásai egyszerűbbek magánál a problémánál. Esetünkben a szomszéd városba való eljutás tervezése az ágens számára egyszerűbb, mint Temesvárról Bukarestbe.

A fejezet következő témaköre alapvető keresési feladatokon, valamint a való világból vett példákon keresztül mutatja be néhány probléma absztrakt modelljét. A sztenderd példák között egy olyannal kezd, amelyről már egy korábbi fejezetben is volt szó. Ezzel egyrészt elősegíti a korábban tanultak felelevenítését és bevéését, másrészt lehetőséget biztosít további tudás konstruálására a meglévő alapokon. Ezzel az eszközzel gyakran élnek a szerzők a mű egésze során. Az egyes példák bemutatása segít abban, hogy az olvasónak elképzelése lehessen arról, hogy milyen feladatok oldhatók meg ilyen típusú ágensekkel. Néhány olyan közismert probléma szerepel a sztenderd példák között, mint a Sokoban vagy a csempetologató játék (sliding puzzle). A való világból vett keresési problémák bemutatásánál pedig olyan helyzeteket sorol, mint a repülőgépes utazástervezés; az utazóügynök-probléma (az ügynöknek minden várost érintenie kell, de lehetőség szerint mindegyiket csak egyszer); az integrált áramkörök tervezése, ahol több milliárd részegységnek kell a lehető legkisebb helyen elférnie; a robotnavigáció, ami az útkeresési probléma kiterjesztése, hiszen ebben az esetben a robot alakítani is tudja környezetét; az ipari összeszerelési folyamatok automatizálása, ahol lényeges az egyes műveletek optimális sorrendjének megtalálása;

vagy a fehérjeszintetizálás, ami a modern gyógyszeripar számára elengedhetetlen.

A példák bemutatása után újabb ki- és belépési ponthoz érkezik a tananyag. Akinek mélyebb ismeretekre nincs szüksége, az itt kiléphet a tanulási folyamatból, aki pedig az előbbiekben bemutatott előismeretekkel már korábban is rendelkezett, itt tud csatlakozni. A különböző keresési algoritmusok működésének bemutatásával folytatják a szerzők. A keresési folyamatot úgy kell elképzelni, hogy az ágens az általa ismert modell gráfián valamilyen elv szerint végigmegegy, és megalkotja az úgynevezett keresési fát. Ez szintén egy gráf, de különbözik a világot leíró modell gráfiától, hiszen az a (modellezett) környezet összes lehetséges állapotát leíró, eseteként végtelen halmaz is lehet, míg a keresési fa az ezen állapotok között megtalálható, de kifejezetten a cél felé vezető utakat írja le. A keresési fának több útvonala (és így több csomópontja) is lehet bármelyik állapothoz, de a fa minden csomópontja egyedi útvonallal rendelkezik vissza a gyökérhez (mint minden fa esetében).

A keresési metódusok feladata tehát az, hogy megalkossák a keresési fa gráfiát. A könyv tárgyalja ezeknek az eljárásoknak az erősségeit, gyengeségeit, miközben bevezeti az olvasót az adott algoritmusok működési elvébe, matematikai, elméleti alapjaiba is.

A fejezet tartalmi áttekintése alapján látható, hogy milyen logikai rend szerint dolgoztak a szerzők, milyen mélységig tárgyalják a témát, illetve milyen elvek alapján formálták a szakmai szöveget tananyaggá. A következőkben a könyv fejezetről fejezetre a gépi problémamegoldás, tervezés, döntéshozatal különböző modelljeit veszi sorra. Az ötödik rész négy fejezete a gépi tanulással foglalkozik, majd a gépi kommunikáció, a valós környezet érzékelése és a robotika a téma. Külön fejezetet szenteltek a nyelvi modelleknek, amelyek kapcsán eszünkbe juthat a recenzio elején említett ChatGPT, amely egyike ezeknek az úgynevezett nyelvi modelleknek. Akiket a mesterséges intelligencia társadalomtudományi, filozófiai, etikai vonatkozásai érdekelnek, azok is bőven találnak olvasni és feloldozni valót a könyvben. Az utolsó fejezetek

ezekekről a kérdésekről és az MI várható jövőjéről szólnak.

A tankönyvi szöveg áttekinthetősége érdekében a szerzőpáros azt a megoldást választotta, hogy a szakirodalmi hivatkozásokat, jegyzeteket mindig a fejezetek végén, a szövegtől elkülönítve, külön alfejezetben adja meg. Így a mű egyszerre képes megfelelni a tudományos munkák iránt támasztott elvárásoknak, és tud – az áttekinthetősége miatt – könnyen használható tananyag is lenni.

Megítélésem szerint az elmélet elsajátítható a könyvből. De mi a helyzet a gyakorlattal? A szerzők az önállóan tanulók és a könyvet a saját képzéseikben felhasználó oktatók számára is komoly segédanyag-apparátust biztosítanak. A műhöz kapcsolódó weboldalon több száz, önellenőrzésre alkalmas feladatot bocsátottak közre, melyekhez a különböző programozási nyelvekre (Java, JavaScript, Python, Common Lisp, Scala) implementált megoldásokat is közlik nyílt forráskódú GitHub repozitóriumban. Oktatók és tanulók számára további segítséget jelenthet a kaliforniai Berkeley Egyetem által 2006 óta folyamatosan publikált, nyilvánosan elérhető, a témát feldolgozó egyetemi előadássorozatok teljes videófelvétele, a hozzájuk kapcsolódó prezentációs fájlokkal, feladatbankokkal, szemináriumi feladatok megoldásainak videós levezetéseivel. A könyvhöz csatlakozó honlapról ingyenesen elérhető olyan MOOC-ok (tömeges nyílt online kurzusok), amelyek segítenek a tananyag elsajátításában. A Udacity platformon például az egyik szerző, Peter Norvig által készített e-learning anyag található és végezhető el, természetesen ingyenesen.

A könyv első kiadása 1995-ben jelent meg, ezt követték 2003-ban és 2009-ben az újabb átdolgozott kiadások, majd a jelenlegi – szinte teljes mértékben átdolgozott – 2021-ben. Az el-

ső kettőről magyar fordítás is készült a Panem Kiadó gondozásában. Mindenképpen szót kell ejteni a szerzőkről: Stuart Russell Angliában született, az Oxfordi Egyetemen fizikát tanult, majd a Stanfordon doktorált informatikából 1986-ban. Számos tudományos díj birtokosa, több száz publikációja jelent meg a mesterséges intelligencia témakörében. Szerzőtársa, Peter Norvig a mű megjelenésekor a Google kutatási igazgatója, korábban pedig a cég keresési algoritmusainak fejlesztéséért felelős vezetője volt. Ő alkalmazott matematikát tanult, majd a Berkeley-n doktorált informatikából.

Hatalmas anyagot tarthat kezében az, aki nekikezd a könyv elolvasásának. Ugyanakkor a terjedelem ne riasszon el senkit, mert a fejezetek olyan tematikai egységekre osztják a mesterséges intelligencia különböző aspektusait, amelyek egyenként, önállóan is értelmezhetőek. Ma megszámlálhatatlan mennyiségű mű születik a témakörben. Az ellenőrzött, megbízható források megtalálása ugyanakkor – éppen a bőség zavara miatt – nehezebb. A mű és szerzői már bizonyítottak: világszerte több mint 1500 intézményben használják tananyagként, köztük a világ vezető egyetemeinek többségén. A mesterséges intelligencia fejlesztése rohamos léptekben halad, de még messze van az út vége: egyre több szakemberre van szükség ehhez a munkához. Aki elolvassa ezt a könyvet, megérti, hogy a mesterséges intelligencia nem titokzatos varázslat, hanem tudomány, amelyben a fejlesztőkre ugyanúgy szükség van, mint a gépekre. A tudományterület művelőinek ugyanakkor mindent meg kell tenniük annak érdekében, hogy a fejlesztés során minimalizálják az MI negatív hatásait. Válaszolva a címben feltett kérdésre: ebből a könyvből meg lehet tanulni a mesterséges intelligencia működésének alapjait, és sohasem késő nekikezdeni.

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerüljenek. (SID\_1)