

## **Lego-robotok, robotfoci – Interjú Istenes Zoltánnal**

**Istenes Zoltán 1988 és 1991 között a Kandó Kálmán Műszaki Főiskola Informatikai Intézetében, 1991-től 1993-ig a Nantes-i Egyetemen végezte tanulmányait. 1993 és 1996 között a BME és a Nantes-i Egyetem PhD-hallgatója volt. 1996-1998-ig a Nantes-i egyetemen oktatott és annak a mesterséges intelligencia kutató csoportjában dolgozott. Jelenleg az ELTE Informatikai Karának Programozáselmélet és Szoftvertchnológiai Tanszékén adjunktus. Elsősorban a robotikára és a tudásbázis-alapú rendszerekre szakosodott.**

### **- Hogyan oktatja a robotikát?**

- Öt éve vettem át a tárgyat egy kollégától. Igen játékos, könnyed, de ugyanakkor hasznos oktatási formát próbáltam kitalálni és megvalósítani. Az órákon főleg Lego Mindstorm Robotic Invention Systems készletekkel dolgozunk, sajnos csak nagyon kevés – mindössze három van belőlük. Az órák úgy zajlanak, hogy a háromfős csapatok kapnak egy-egy dobozt, amiből építenek valamit, írnak rá programot, és a következő héten bemutatják. Az órák végén megbeszéljük, hogy és mint működött, a diákok kérdéseket tesznek fel, különféle tesztfeladatokat találnak ki, nehezebb helyzetbe állítják egymás robotjait. Az év elején szándékosan nagyon keveset mesélek – szinte csak az alapokat mondom el, mutatom meg: íme egy programozható egység, ilyen és ilyen általam javasolt, vagy akár az interneten is fellelhető nyelveket lehet használni, így lehet rátölteni az elkészült programot...

Általában a félév során, a csapatoknak két feladatot kell megoldaniuk. Az első feladat mindig egy nagyon egyszerű

útvonalkövetés. Fényérzékelőkkel detektálható az asztalra ragasztott sötét vagy világos csík és ezt követve kell a robotnak minél gyorsabban körbemennie. Az az érdekes benne, hogy a diákok maguk tervezik meg, mit-hogyan akarnak csinálni, maguk építik meg, írják rá a programot, és végül tesztelik. Az egymást követő heteken a csapatok egyre ügyesebben oldják meg a feladatot. Például azzal hogy egy, két vagy három fényérzékelőt használnak, vagy azzal, hogy hogyan kalibrálják a járművet, ahogyan kezelik, ha az letér az útról, hogyan tud visszamenni, miként veszi észre, ha túl nagyot fordul, hogyan gyorsulhat be a robot a hosszú egyenes szakaszokon, hogyan kerülheti ki az úton lévő akadályt, hogyan követi a helyenként sérült utat, hogyan kezeli az elágazásokat...

Úgy tűnik, sokat tanulnak egymás megoldásaiból, azokra alapozva sok mindent kipróbálnak, továbbfejlesztenek és igyekeznek egymást felülmúlni.

### **- Milyen jellegű a második feladat?**

Sokszor szabadon választható. Legtöbbször inkább csak ötleteket adok arról, hogy milyen jellegű feladatokat találjanak ki. Ekkorra már egyszerre csak egy csapat dolgozik, így ha akarja, felhasználhatja mindhárom készletet és ezáltal is bonyolultabb dolgokat építhet.

A készletek lelkét egy tenyérnyi sárga, úgynevezett RCX egység adja, amiben vannak ceruza-elemek, mikroprocesszor, némi ROM, 32KByte RAM, három bemenet-érzékelő, három kimenet, kis LCD kijelző és pár gomb. A különféle perifériák egyszerűen csatlakoztathatók rá. Az érzékelők alapvetően fény, nyomás és forgásérzékelők, vannak másfajta is de, mi csak ezeket

használjuk. Meghajtónak, vagy kimenetnek, pedig motorokat, esetleg lámpákat építünk be.

Egy infravörös kapcsolaton keresztül lehet a számítógépen megírt programokat letölteni az RCX egységre, de ezt a kapcsolatot másra, máshogyan is fel lehet használni. Az RCX-en futhat a program a számítógép beavatkozása nélkül is, de a számítógépről folyamatos kapcsolattartással is vezérelhetjük. Az RCX-en futó program adatokat gyűjthet, amit a számítógép feldolgoz, kielemez, majd visszaküld, sőt a robotokra akár menet közben is lehet tölteni egy frissített, módosított, testreszabott programot. És hogy teljes legyen a kép, ugyanezen RCX egységek egymással is tudnak kommunikálni, volt olyan feladat, hogy a robotok mentek, beszélgettek egy kicsit, továbbmentek, megint beszélgettek egy kicsit, üzentek közben a számítógépnek...

Könnyen el lehetett kalandozni a multiágensek felé.

Ha oktatási célokról beszélünk, elmondható, hogy az ilyen jellegű robotika nem kifejezetten elméleti kutatás. Ugyanakkor, nagyon jó, ha a diákok kézzelfoghatóan saját maguktól tapasztalnak meg, próbálnak ki dolgokat. Bár az eszközök egyszerűek, a valós idő és a valós környezet miatt gyorsan előjönnek a problémák – ezért hibátűrő, javító megoldások, algoritmusok szükségesek... Mi történik, ha az útvonalkövető robot leszalad az útról? Hirtelen megáll és visszatolat, vagy tovább megy és reméli, hogy újra megtalálja? Esetleg elkezdi keresgélni az utat egyre nagyobb körben, vagy próbálja megtudni, hogyan ment le az útról és hogy hogyan tudna visszatérni? Talán még azt is megjegyzi, hogy túl gyors volt... Rendkívül érdekes, hogy hogyan kezeli az ilyen helyzeteket... Előfordul mostanában, hogy többféle mesterséges intelligencia területet próbálok bevonni, belekavarni a robotikába – tudásalapú

rendszereket, evolúciós/genetikus algoritmusokat, fuzzy logikát. Csináltunk olyan feladatot, amiben építettünk robotot fényérzékelővel és motorokkal, igen ám, de az RCX-en futó program nem tudta melyik bemenetre van csatlakoztatva, merre néz a fényérzékelő, se azt hogy melyik kimenetre melyik motor van csatlakoztatva, azt sem, hogy melyik a bal vagy a jobb kerék, sem azt hogy melyik az előre vagy a hátra. Leraktunk egy lámpát és a cél az volt, hogy a robot menjen oda. A program egy evolúciós algoritmus szerint kezdte el próbálgatni az érzékelőt és a motorjait. Eleinte össze-vissza, majd előbb-utóbb kialakult, megtanulta, mit tegyen azért, hogy a lámpa felé haladjon, elérje a célját. Esetalapú próbálkozásaink szintén voltak: milyen esetben, milyen előzménnyel jött le a robot az útról, és hogyan menjen vissza ilyenkor? Melyik esetben hogyan kell kezelni a hajtóművet? Szabályalapú kezdeményezések is előfordultak: egyszerű szabályok formájában próbáltuk leírni, hogy a robotnak mit kell tennie...

Máskor a számítógépen futó program egy robotra szerelt webkamera képét dolgozta fel és annak alapján vezérelte a robotot. Már nem is a robot volt az érdekesség, sőt a diákok észre se vették, hogy egy képfeldolgozó feladatot oldottak meg. Amerre kézzel mutogattak, előre, hátra, balra, jobbra, arra ment a robot, igyekezett az ember kezét a fókuszában tartani, sőt egy speciális kézjel után az ujjakkal mutatott számokat összeadta és annyit csippantott.

**- Többágensű mobil rendszerek fejlesztésével is foglalkoznak.**

- Ez egy hosszú történet. Sokáig voltam Franciaországban.

Egyszer pont Nantes-ból jöttem haza, amikor éppen Párizsban

rendezték a második robotfoci világbajnokságot. Megnéztem és nagyon megtetszett, aztán jött később a robotika tárgy oktatása, azután pedig néhány diák, hogy robotfocival szeretnének foglalkozni. A felszerelésből már elég sok megvan kamera, képdigitalizáló kártya, rádióadó-vevők, programozó-egységek, és a robot hardvereknek is majdnem megvannak az alkatrészei. Igaz, ezek egyike sem a miénk, de használhatjuk őket, bár eddig még sajnos egy mozgó robot sem készült el.

Óvatosan indult el a kezdeményezés, idén volt először meghirdetve a többágensű mobil rendszerek célorientált vezérlése című tárgy, ami az én esetemben egyszerűen a robotfocit takarja. A small league-ben, a hét és félszer hét és fél centis kategóriában, 3-3 robot lökdösi a labdát egy másfélszer két méteres pályán, a robotokat, pedig a pálya felett lévő kamera alapján vezérli a csapat számítógépe. Erre a robotfocira próbálunk programot fejleszteni.

A diákok nehezen rázódtak bele az első félévben. Nagyon sok önálló és jó csapatmunka kellett volna, és az is világos – úgy, hogy kimegyek a táblához és oldjunk meg feladatokat – azaz klasszikus egyetemi gyakorlat formájában ez nehezen megy. Bízom benne, hogy a következő félévekben jobban be fog indulni, és végül lesz egy magyar csapat.

A félév során először megpróbáltuk megtervezni a program szerkezetét, egy többretegű, moduláris rendszert, majd igyekeztünk néhány modult megvalósítani. Sok modulhoz kapcsolódik érdekes MI-területet. Például a képfeldolgozás modulnak a sebességén, a minőségén és az eredményességén sokat lehet javítani a játék háttér-információinak a felhasználásával: hány robotot is kell keresni a pályán? Ha itt volt a labda, vagy egy robot és arrafelé ment, akkor vajon hol lehet a

következő képkockán? Ezekre a feldolgozási gyorsításokra nagyon szükség van, hiszen korlátos, és elég rövid idő alatt kell a moduloknak működniük. A stratégiai modul próbálja meghatározni a csapat robotjainak a szerepét, a taktikai modul az adott szerepkörhöz tartozó viselkedést szabályozza, végül az operatív modul felelős a viselkedés megvalósításáért, azaz hogy az egyes robotoknak hova kell eljutniuk.

A számítástechnikában az a szép, hogy  $2+2$  mindig  $4$ . A robotikában ez nem ilyen egyszerű. Nem tudom azt mondani, hogy a robot menjen egy centit előre. Meghajthatjuk a kereket egy bizonyos szögelfordulásig, vagy valamennyi ideig, de a kerék kipörög, megcsúszik, lemerül az elem, kilencven fokban lehetetlen fordulni, a fényérzékelő egyszer érzékel, egyszer nem, egy picike árnyék bezavarhat, egy picit besüthet a nap... Több érdekes dolog előjön, amivel a valós világban igenis kell foglalkozni. Két pont között a legrövidebb az egyenes – a mesében – de ha közbejön egy másik robot, és ki kell kerülni, vagy már lendületben van a robot, vagy másfelé néz, vagy látszik, hogy a labda elgurul, és semmi esély az utolérésre... Csupán egy-egy rész téma körbejárása is hosszú időt venne igénybe. Például ha csak egy az ellenfelet figyelő modult próbálnánk írni, ami igyekszik megállapítani, milyen játékot játszik az ellenfél, védekezőt vagy támadót, hogyan vezérli a robotjait, hogyan viszonyulnak a mi robotjaink az övéihez. Igazából csalás a többágensű kifejezés használata, mert ebben a kategóriában egy-egy számítógép vezérli a csapat robotjait, de ha a két csapat interakcióját vagy a saját csapat koordinált és célorientált vezérlését nézzük, akkor azt gondolom, használhatjuk az ágens szót.

Számomra a robotika haszna és érdekessége abban rejlik – mind

az oktatási, mind a kutatási célokat tekintve – hogy számos mesterséges intelligencia területet, technológiát és módszert lehet egyszerűen kipróbálni.

**- A Nantes-i Egyetemen a ZOLA nyelvvel is foglalkozott.**

- Régi szép történet. Igazából ma már nem foglalkozom vele.

Mások még igen, bár nem feltétlenül a ZOLA-val, hanem inkább a ZOLA nyelven írt alkalmazásokkal.

Amikor kint voltam, az egyik évben az ottani témavezetőm LISP-ben írt programját pofozgtam. Második generációs szakértői rendszerszerű lett volna. Az volt benne az ötlet, hogy a következtetési mechanizmusokat szabálybázisba, és ténybázisba lehet tenni. A következtetési tények, a következtetési szabályok használták fel, alkalmazták a tárgyterületi tényeket, szabályokat. A következtetési tudásbázissal meg lehetett mondani, hogyan végezze a rendszer a következtetést. A már említett program megoldott egy elég tipikus feladatot is: leszállunk egy bolygóra. Egyesek mindig igazat, mások mindig hamisat mondanak – mit kell tőlük kérdezni, és hogyan állapítsuk meg, ki mond igazat, és ki hazudik? A következtetésben az volt az érdekesség, hogy hipotézist állított fel: ha ő hazudik, és ő mond igazat, akkor vizsgáljuk meg, mi történik. Így a rendszer ki tudta következtetni, hogy miután belátta, hogy se ez, se az, se amaz a hipotézis nem jó. Indirekt módon bizonyította: akkor csak az lehet, hogy... Ekkor szerettem meg nagyon a második generációs szakértői rendszerek, vagy tudásbázis-alapú rendszerek egyik legfontosabb érdekességét és célját – azt, hogy a következtetési mechanizmusokat valahogy rakjuk be a rendszerbe. Nem úgy használjuk, hogy a következtetési mechanizmus valami fix,

fekete doboz, hanem én írhatom meg a következtetést modellező mechanizmust.

A ZOLA nyelv fogalmi modellek ábrázolására és működőképessé tételére alkalmas reflexív nyelv. A fogalmi modellek magukba foglalják a következtetési mechanizmusokat is. Ezeket is ugyanolyan reprezentációban lehet ábrázolni, mint a tárgyterületi tudásbázist egy objektumorientált-szerű rendszerben. A reflexivitás azt jelentette, hogy a következtetési mechanizmusok nem csak a tárgyterületi tudásbázist tudták felhasználni, hanem saját magukon a következtetési mechanizmusokon is tudtak műveleteket végezni.

Egy példaalkalmazásban, ami egyébként egy hatalmas robotkarokat vezérlő rendszer hibadiagnosztikai alkalmazása volt, a rendszer például észrevette, hogy a vezető szervizmérnök hibajavító módszere alapján megadott következtetési mechanizmusban néhány lépést lehetne egyszerűbben végezni. Amikor megkérdeztük, miért így teszi, a válasz az volt, hogy mert így könnyebben megtanulható a módszer, és a későbbi rendszerekre is általánosabban alkalmazható...

Egy másik példaalkalmazásban, a feladatok és módszerek dinamikus kiválasztásában, a DSTM-ben, a következtetési mechanizmusban szereplő konkrét műveletekhez hozzátartoztak a műveletek egyszerű leírását. Több különféle konkrét műveletet is megadtunk egy-egy részprobléma megoldására, az egyes konkrét műveletek között akadtak olyanok melyek precízek voltak de időigényesek, vagy olyanok melyek pontatlanabbak voltak de gyorsak, vagy akár olyanok, is melyek felhasználói beavatkozást igényeltek. A rendszer futás közben választotta ki – a műveletek leírásának figyelembe vételével – hogy az adott



pillanatban az adott részprobléma megoldására melyik konkrét műveletet használja fel.

Ekkor kezdtek el igazán foglalkoztatni a reflexív, meta-szerű dolgok. Azt gondolom ezek felhasználásával nagyon érdekes dolgokat lehet csinálni.

A ZOLA nyelv eléggé kísérleti jellegű kutatás volt szó.

Eljövetelem után a nyelvet nem fejlesztették tovább, de büszke vagyok arra, hogy azóta születtek még doktori munkák a nyelvet felhasználó alkalmazásokból.

### **- Azóta tanítja is a tudásalapú rendszerek fejlesztését.**

- A tudásalapú rendszerek továbbfejlesztése című tárgy úgy indult, hogy eleinte a doktori munkámról és annak folytatásáról beszéltem az egyetemen, de rájöttem: túl specifikus ahhoz, hogy többen elmélyedjenek benne. Kicsit elkanyarodtam a második generációs szakértői rendszerek felé. Ebben a tárgyban a félév elején sokat mesélek, megpróbálok minél több típusú rendszert megmutatni vagy legalább felvillantani a sokszínűségüket. A cél az, hogy a félév végére a hallgatók önállóan megtervezzenek és létrehozzanak egy mini, de működő tudásalapú rendszert, ami egy kicsit több, jobb, mint a hagyományos vagy a klasszikus keretrendszerek. Elsőre a hallgatóknak ez a feladat ijesztően hat, hiszen a legtöbben ahhoz szoktak, hogy szakértői keretrendszert használjanak, én meg azt kérem, hogy írjanak egyet, ami annál több...

Azt próbálok megmutatni, hogy milyen egyszerű megírni egy következtetési mechanizmust, még akkor is, ha beletesznek valami kis extrát. Lehet második generációs tudásbázis alapú vagy esetalapú rendszer, lehet benne fuzzy logika, de nem is

ragaszkodom igazából a szigorúan vett tudásalapú rendszerekhez, lehet genetikus/evolúciós algoritmus is.

A genetikus algoritmusok szintén a kedvenc témáim közé tartoznak. Gyakran javaslom, hogy próbálják ki, használják, és vegyék észre, milyen könnyű. Igazából a LISP – a következő általam tanított tárgy – is itt kapcsolódik bele, mert ezeket a rendszereket tényleg nagyon könnyen el lehet készíteni LISP-ben.

### **- Milyen egyéb kutatásait emelné még ki?**

- Ezeken kívül túl sok nincs, mivel véges az időm. A tanszéken egy kollégával egy szoftverfejlesztési, specifikációs és helyességellenőrző módszer, a B módszer vizsgálatával kezdtünk el foglalkozni, amit lehet, hogy a mesterséges intelligencia területén is lehetne majd alkalmazni.

De hadd kanyarodjak vissza a robotikához: szeretném, ha komolyabb irányokba is elmehetnék. Jók az összerakható Lego-robotok, igénylik is a diákok, de még jobb lenne bonyolultabbakat is készíteni, több érzékelővel, hosszabb és komplexebb feladatokkal. Egyetemi keretek között viszont nehéz ezt kivitelezni. Mostanában a robotfocihoz is kapcsolódó a kamera képeinek a feldolgozásával, navigációval szeretnék próbálkozni. Ha több robotunk lenne, készítenénk multiágens alkalmazásokat. Készült egy kezdetleges fogócska három robottal, de öt, vagy tíz robottal még érdekesebb lenne – akár hangyatársadalomszerű jelenségeket is kipróbálhatnánk. Ha csak számítógépen szimuláljuk, e társadalom alanyai egyszerűek, például pontszerűek. Viszont ha van kiterjedésük, forognak, vagy egymásba akadnak, akkor az még tovább komplikálja a dolgokat. Más érdekes feladatokkal szintén lehetne kísérletezni, például

azzal, hogy a robotok együtt tolganak el valamilyen tárgyat, vagy térképezzék fel környezetüket és navigáljanak benne.

Azt hiszem végeredményben igen szerencsés vagyok, hogy olyan tárgyakat oktathatok és kutathatok, melyekkel őszintén szeretek foglalkozni.

**- Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?**

- Fontosnak tartom a jó témát, melyet persze nehéz meghatározni. Szükséges, hogy kellően érdekes, izgalmas és motiváló, de egyben reálisan megvalósítható is legyen. Hiszek benne, hogy az önálló munka is legfőbbképpen egy jó csapatban teljesedhet ki, tehát elengedhetetlen egy kellően biztató, egymást támogató és mégis ösztönzően kritikus, ugyanakkor előremutató és kreatív közeg.

**- Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?**

- A csúcstechnológiai kutatások már régóta messze vannak attól, hogy egy-egy ember egyszeri nekirugaszkodással utolérje, pláne attól, hogy önmaga komoly eredményekre jusson. Bár e téren a kutatások főleg egy pontra összpontosítanak, fontos a kapcsolódó területek folyamatos nyomon követése, azok eredményeinek áttekintő ismerete. Elengedhetetlennek tartom egyrészt a hosszú távú, folyamatos munkát, másrészt, pedig a megfelelően képzett, felkészült kutatók egymást segítő csapatmunkáját. Úgy hiszem, e kettő szerencsés találkozásából igazán komoly eredmények születhetnek.

<http://quasar.inf.elte.hu/> (Istenes Zoltán)