

Mobil robotok, robotlátás – Interjú Vámosy Zoltánnal

Vámosy Zoltán a BME Gépészmérnöki Karának matematikus-mérnök szakán végzett. 1984 és 1989 között a Videoton Fejlesztési Intézetben dolgozott szoftverfejlesztőként, 1989-től a BMF Neumann János Informatikai Főiskolai Karának (2000-ig Kandó Kálmán Műszaki Főiskola Matematikai és Számítástechnikai Intézet) munkatársa. 2004-ben elnyerte az „Év informatikai oktatója” díjat. Az általa konzultált főiskolás hallgatók öt első, öt második és három harmadik helyezést értek el az Országos Tudományos Diákköri Konferenciákon az elmúlt években. Elsődleges szakterülete a robotika, gépi látás; emellett programozási paradigmákkal és technikákkal, valamint vizuális alapú programfejlesztéssel szintén foglalkozik. Magyarul és idegen nyelveken egyaránt számos írása jelent meg. Az irányításával, közreműködésével fejlesztett robotokat több nemzetközi kiállításon mutatták be, különböző kitüntetésekben részesültek.

- A Videotonnál szoftverfejlesztőként dolgozott. Hogyan kapcsolódik későbbi kutatásaihoz az ottani munkája?

- Elég lazán kapcsolódik, mert alapvetően egy gépészeti hajtástervező rendszer részeinek kifejlesztésén dolgoztam. A grafikus felhasználói felületével, illetve adatbázishoz, adatbázis-kezeléshez kapcsolódó alrendszerekkel foglalkoztam. Akkori tapasztalataimat viszont jól használhattam később a programozáshoz kapcsolódó tantárgyaknál. A kutatási területemhez – mobil robotokhoz, robotikához, gépi látáshoz –

azonban nem kapcsolódott. Talán csak annyiban, hogy valamikor a nyolcvanas évek közepén, amikor Magyarországon is megindult a robotika, létrejött egy csoport, és én képviseltem a Videoton Fejlesztési Intézetet.

- 1997-ben jelent meg a *Delphi a gyakorlatban (Mintafeladatok megoldással)* című könyve. Mit gondol a vizuális programfejlesztésről, és azon belül a Delphi szerepéről?

- A vizuális programozást jelenleg is oktatom; tantárgyfelelőse vagyok. A kilencvenes évek legelejére kezdtek kiforrni ezek az eszközök – Visual Basic, Power Builder, Delphi, stb. –, és mivel felgyorsítják a fejlesztést, óriási előrelépést jelentettek a programfejlesztési technikában. Az elsők egyikeként kezdtem el oktatni a Delphit az akkori intézetünkben. A több kiadásban megjelent könyv a hallgatók számára éveken keresztül készített tananyagból alakult ki. Azóta rengeteg új, mára standarddá vált technológiákat – internet-alkalmazásokat, webes szolgáltatások készítését támogató – elem tűnt fel ezekben a fejlesztőrendszerekben. Az objektumorientáltság-alapú szemlélet az elérhető komponensek segítségével jól alkalmazható a képfeldolgozásban és a gépi látásban is.

- 1989-től oktat mesterséges intelligenciához kapcsolódó tárgyakat: robotikát, képfeldolgozást. Miként értékeli a hazai MI-oktatás fejlődését, jelenlegi helyzetét?

- Nehéz értékelést mondani. Egyrészt megfigyelhető, hogy a kutatás az MI hullámaival párhuzamosan erősödik, illetve bizonyos időszakokban kicsit háttérbe szorul. Néha úgy gondolták, hogy prosperáló és nagyon gyors outputokat hozó

terület lesz, máskor viszont kiderült, mégse lehet olyan hamar eredményeket elérni. Ilyenkor törvényszerűen visszaestek ezek a területek, legalábbis túl sok pénzt nem fordítottak rájuk. Nem könnyű dátumokat említeni, de például az Európai Mesterséges Intelligencia Konferencia 1995-ös magyarországi előkészítése és megrendezése kiugró időszaknak számított. Mi is kiállítóként jelenhettünk meg, bemutathattuk az akkor elkészült eszközeinket. A kilencvenes évek közepétől – talán a gazdasági korlátok miatt – visszaesés volt tapasztalható. Aztán – legalábbis a robotikában – mobil szerkezetekkel kezdtek el intenzíven foglalkozni. Ebben az időszakban fejlesztettük ki első lépegető robotunkat, amellyel külföldi ipari vásárookra is eljutottunk.

Az oktatásunkban mindez kevésbé jelenik meg ilyen erőteljesen, hiszen nem annyira piacorientált. Viszont a mesterséges intelligencia alapvető technikái – keresési algoritmusok, egyes programozási nyelvek, például a Prolog – természetesen ott is szerepet kaptak. Ha nem is külön MI-tantárgy keretében, de más környezetekben. Nálunk tizenöt éve indult. Kezdetben részben különálló tárgyként, majd alapvetően alkalmazásorientált területeken: képfeldolgozás, robotika. Néhány év után a hallgatók által választható úgynevezett szakirányt, modult alakítottunk ki, ahol ezek együttesen szerepeltek. Nem előadások hallgatásáról, és hagyományos gyakorlatokon történő feladatok megoldásáról van szó, hanem ennek keretében honosítottuk meg a több féléves, projekt szemléletű oktatási rendszert: a két-háromfős hallgatói csapat komplett rendszert fejleszthet ki három féléven keresztül. Rendkívül sikeresnek bizonyult ez a megközelítési mód.

- Milyen tevékenységet folytat és milyen projekteken vesz részt jelenleg a főiskolán?

- Több, mint tíz éve alapvetően képfeldolgozással, illetve a gépi látás robotikában való felhasználásával foglalkozom. Közben jelentősen megváltozott a hangsúly. Kezdetben inkább karokat használtunk, és minőségbiztosítási projektjeink voltak: a robotlátórendszernek fel kellett ismernie – például futószalagon érkező – tárgyakat, jellemzőiket menetközben kellett detektálnia, majd ezek alapján a kar megfelelő orientációjának beállításával meg kellett fognia, és a megfelelő célhelyzetbe mozgatni azokat. Az ilyen rendszerek már standard ipari technológiákká váltak.

A kilencvenes évek közepe óta mobil robotokkal, mozgásvezérlésükkel és azzal foglalkozom, miként lehet ezekkel az eszközökkel környezetet feltérképezni, legyen szó belső, vagy külső munkaterről. Készítettünk lépegető robotokat, számos guruló típust, sőt, még egy automatizált robotvitorlást is. A gépi látás elsősorban ezt a tevékenységet segíti, valamint olyan részfeladatokat támogat, mint akadályelkerülés, pályatervezés, vagy navigálás.

- Hogyan jutott el a robotokig, milyen eredményeket értek el az évek során?

- A Műszaki Egyetemen igen fontos szerepe volt a modellezésnek, matematikai leírásnak. Ezeknek a szerkezeteknek a vezérléséhez szintén nagyon alapos matematikai ismeretek szükségesek. Ilyen szempontból talán megvolt a háttér.

Viszont némileg a véletlen is közbejátszott abban, hogy ezt a területet kutatom. Az egyik kollégám éppen külföldre ment ösztöndíjjal, és én kezdtem el a korábban tantervbe vett tárgyat

oktatni. Tetszett, majd egyre mélyebbre és mélyebbre sikerült beleásnom magamat. Kezdetben csak egyszerű robotkarokkal foglalkoztunk: volt néhány oktató robotunk, és egy hegesztőfeladatokat megoldó kar. Sokat kellett dolgoznunk a modellezésén és a vezérlésén ahhoz, hogy használható állapotba kerüljenek, és a hallgatóknak érdekes feladatokat tudjunk adni. Amikor a kutatási terület nemzetközi szinten megváltozott, mi is áttértünk a mobil robotokra, ugyanis ott jelentek meg kihívás-jellegű feladatok. Hallgatói projektekben, tudományos diákköri dolgozatokban egyaránt munkálkodtunk rajtuk, és a sikereink is hozzájuk kapcsolódnak.

1997–98-ban készült a hallgatói projektnek indult első négylábú lépegetőnk, az Exploratores. A fejlesztésben kiemelném az azóta már kollégánk, és számos mobil robot elkészítésében részt vett Molnár András szerepét. A gépészeti, elektronikai és informatika részfeladatokból a hallgatók rengeteget tanultak. A mesterséges intelligencia részterületeit használták fel: keresési algoritmusokat a pályatervezéshez, vagy neurális hálózatokat bizonyos navigálási részfeladatok megoldásához. A robotra több szenzort helyeztünk el. Akadályelkerülés esetében kezdetben tárgyreflexiós optikai érzékelőket alkalmaztunk szabályalapú rendszer segítségével, majd neurális hálózatokat használtunk a vezérléshez. Miután saját fejlesztésű képfeldolgozó kártya szintén készült, a robot kamerák képe alapján történő automatikus mozgása is lehetővé vált. A szoftver a robot elé kivetített lézercsík deformációjából következtetett a szerkezet előtt lévő akadályok geometriájára, és hozott döntést a megfelelő mozgásparancs megadásával.

A befektetett munka a hallgatók esetében szintén megtérült: anyagmozgatás és robottechnika szekcióban első helyezést érték el az Országos Tudományos Diákköri Konferencián. Örömmel mondom, hogy ezen a területen, a kétévente megrendezendő versenyen az elmúlt négy alkalomból tanítványaim háromszor nyerték az első díjat és egyszer a második helyet.

A szerkezetet továbbfejlesztettük, nemzetközi konferenciákon, kiállításokon, fórumokon, például a Hannoveri Ipari Vásáron, Lipcsében, Toulouse-ban, Grenoble-ban jelentünk meg vele. Magyarországon éveken keresztül vettünk részt a Hungelektro-Hungamat kiállításon, ahol egyszer elnyertük az Ipari Minisztérium Kreativitás Díját is. A sikerek formálisan a díjakban, kiállításokban fejeződtek ki, de az évről évre felhalmozódott tudás még fontosabb.

Később más berendezéseket, például elég nagy tappancsú kétlábú robotokat is készítettünk. Nem a két lábon járás és a dinamikus mozgás volt a kihívás, hanem azt vizsgáltuk, miként tudunk aktuátorként emlékező fémeket mozgásra alkalmazni. Más jellegű problémákba ütköztünk, amikor kollégám vezetésével pneumatikus munkahengerekkel mozgatott hatlábú berendezést készítettünk. Egy másik hatlábú szerkezetünk pedig speciális járástechnikát alkalmaz: a csótányok „futásához” hasonlóan, forgó lábakkal mozog, és így lényegesen gyorsabb a hagyományos emlős-, vagy hüllőszerű néglábú robotoknál. Egyrészt a mozgásra vonatkozóan halmozódott fel rengeteg mechatronikai ismeret, másrészt a mesterséges intelligenciához, a navigációhoz kapcsolódó akadályelkerülés és pályatervezés módjait is megismertük. Mindezek támogatására képfeldolgozó algoritmusokat szintén kifejlesztettünk. Mobil robotok esetében

elsőként alkalmaztuk az úgynevezett – 360 fokban körbelátó – PAL optikákat. Például a hasukra erősítettünk egyet, és a lábait, valamint azok környezetét képfeldolgozás alapján egyidőben tudtuk vizsgálni. Több helyen hivatkoztak arra az eredményünkre, hogy milyen módon kell vezérelnünk ez alapján a robotot.

Az optikát akadályelkerülési feladatokhoz szintén használtuk. Ekkor elég csak egy képet feldolgozni, és a teljes munkaterről egy pillanatban kaphatunk fontos adatokat. Navigálás estében is hasznos a PAL optika, hiszen amikor a gyűrű-alakú képen a képpontok mozgását, az úgynevezett optikai folyamatokat vizsgáljuk, ha két oldalt egyenlő sebességgel változik az optikai folyamat, akkor például folyosó közepén halad a szerkezet, vagy ha a robot előtti térrészt tekintjük, akkor mind a képrész geometriái jellemzőiből, mind az ottani pixelsebességekből lehet következtetni az akadályok távolságára.

Robotjaink úgy kapcsolódnak a mesterséges intelligenciához, hogy a pályatervezésben már az MI-kutatások hajnalán megjelent, jól kidolgozott keresési algoritmusokat alkalmazzuk. Ez az egyik alapvető technika. Másrészt, nagyon gyakran dolgozunk neurális jellegű algoritmusokkal, hiszen a környezetről nincs teljesen pontos adatunk, és megpróbálunk közbenső, eddig nem ismert részek esetében neurális módszerek alapján interpolálni.

- A robotikán belül/mellett a látás a „specialitása”.

- A látással kapcsolatban alapvetően két nagyobb területtel foglalkozom mostanában. Természetesen a robotlátás az egyik, az arcfelismerés, arcdetektálás a másik.

A robotlátáson belül még mindig a háromdimenziós térben való tájékozódás izgat. Két főbb területét kutatom intenzíven: a sztereólátást, miként tudunk térbeli információkat kinyerni belőle, illetve, hogy az említett PAL optika segítségével – amikor egyetlenegy kameránk és ez a speciális lencse áll a rendelkezésünkre – hogyan lehet háromdimenziós információhoz jutni. Valamint azzal, hogy a két különböző megközelítés – a két kamera külön, illetve egy kamera speciális optikával – mennyire képes egymást erősíteni, mennyiben használhatók különböző területeken. A sztereo algoritmusok, módszerek már jól kidolgozottak, de gyakorlati alkalmazhatóságuk zajos környezetben, pláne lehetőleg valós időben még nem megfelelő hatékonyságú. Az algoritmusok mindkét esetben sokszor alapulnak az optikai folyamokon és mozgásdetektáláson. Számos kísérletet végeztünk úgy, hogy személyautóval közlekedve videóra felvettük az előtte látható környezetet, és az intenzitásváltozási vektorokból következtettünk a horizontra, illetve jellemző objektumok elhelyezkedésére. A kifejlesztett algoritmusokat aztán robotokon is alkalmaztuk. Másik fontos részkutatásként azt vizsgáltuk, miként pontosítható a navigáció során alapvető fontosságú helyzet-meghatározás. Ipari körülmények között a robottargoncák esetében gyakran használnak speciális markereket, de a mobilrobotok általában nem ilyen munkakörnyezetben végzik tevékenységüket. Hagyományos optika helyett itt is PAL lencsét használunk, mert a gyűrű alakú képen az orientációk meghatározása triviális, és a távolságok mérése is egyszerűbb. Elsőként a robot mozgása során jól követhető térbeli pontokat kellett meghatározni, majd ezek ismeretében, a gép térbeli helyére és orientációjára lehet

következtetni. Ez azért is fontos, mert ugyan GPS-t szintén használunk navigálási feladatokban, csak hogy – legalábbis a kommersz, számunkra elérhető GPS-eknél – a pontosságuk szerencsés esetben is öt-hat méter, másrészt nyílt terepen működnek csak. Viszont, ha előre ismerjük a terep néhány jellegzetes elemének koordinátáit, képfeldolgozással elért jól meghatározott pontok alapján és térbeli háromszögellésekből jelentősen javítható a pontosság. Az volt a tapasztalatunk, hogy a GPS és a képfeldolgozás kombinálásával hatékonyabb navigációs algoritmusok készíthetők.

A képfeldolgozás egészen más területe az alakfelismerés, ezen belül az arcdetektálás és arcfelismerés. Korábban a felhasználók azonosítása érdekelt. Számos feladatban vizsgáltuk az alkalmazható algoritmusokat, megközelítéseket. Mi is fejlesztettünk geometriai jellemzőkön, bőrszegmentáláson és Gábor-szűrőkön alapuló módszereket. Egy mostanában készült munka során morfolás céljából automatikusan határozzuk meg az arcot és annak jellemző pontjait. A morfolás azt jelenti, hogy metamorfózis történik a forrás- és a célképen elhelyezkedő objektumok között, azaz a forrás folyamatosan a célállapotba alakul át. A mi esetünkben az egyik arc automatikusan változik át egy másikba.

Most olyan részterületeket vizsgálunk, melyek azt célozzák, hogy a gesztusok és arckifejezések alapján a számítógép-ember kommunikációban érjünk el eredményeket. Egy új projektünkben a SONY Aibo robotkutyájának kameraképét használjuk a rendszer bemeneteként; a képen először az arcokat keressük meg, majd azon belül olyan jellemzőket, mint a szem, száj, orr, áll környéke. Reményeink szerint a robotkutyába telepített program

elmozdulásaik, geometriai formájuk vizsgálatából következteti ki, milyen módon reagáljon a szerkezet.

- Más biztonsági jellegű témakörökkel, például a titkosítással szintén foglalkozott. Ide kapcsolódik a szteganográfia is.

- A szteganográfia egy országos tudományos diákköri konferenciára készülő projektként indult. Adatok képekben, vagy hanginformációban történő elrejtését jelenti. A képnek létezhetnek olyan bitsíkjai, melyek nem hordoznak mély információt. Úgy használhatók ki, hogy „lecseréljük” ezeket a biteket az általunk odarejtendő szövegre. A felhasználó észre sem veszi, hogy az eredeti kép reprezentációja megváltozott, mert a megjelenésben szinte nincs is változás. Az algoritmus, illetve a feladat nem túl bonyolult. Természetesen – hogy ne lehessen egyszerűen visszaállítani az információt – még a bevitt adatot is titkosítani szokták.

A képhez kapcsolódott, érdekes volt, és ezért indult ez a kutatás. Ebben az esetben is képből készül egy másik kép, de nem az a cél, hogy egy további képfeldolgozási részfeladatban – valamilyen szempontból – jobban használható legyen az output. A biztonsági rendszereknél valóban egyre gyakoribb az alakfelismerés. Például biometrikus azonosítók alapján egyeztetik az ujjlenyomatot, a szemről, vagy magáról az arcról származó információkat. Mindez verifikálás-jellegű feladatoknál is megjelenhet: a belépni szándékozó ember valakinek állítja magát, amit le szeretnénk ellenőrizni. De olyankor is bevethető, amikor nem verifikálunk, hanem egy adott archoz hasonló embert szeretnénk keresni az adatbázisban. Mindkettőre vannak már különböző hatékonyságú ipari szintű termékek.

- Milyen irányban fejlődik a robotika, mik a meghatározó trendek?

- Talán két jelentősebb irányról beszélhetünk.

Az egyik a nanorobotika – a miniatürizálásnak arra a szintjére kezdünk eljutni, amikor igen kis méretekben tudunk előállítani megfelelően vezérelve adott pozícióba mozgatható, juttatható objektumokat. Ebben a mérettartományban egész más jellegű feladatok jelennek meg, mint a hagyományos gyártás esetén.

A másik irányzat a távjelenlét, a nagy távolságra történő aktív beavatkozások és ottani ténykedések, az ember-robot kapcsolat.

Egyik leglátványosabb eredménye az űrkutatásokhoz kapcsolható, de jóval kisebb távolságok esetében már szintén nemcsak a távolról vezérlés érhető el. Olyan problémák merülnek fel itt, hogy a megfelelő vezérlőjelet át kell vinni az adott helyre, ami jelentős idő – és közben a robotnak valamilyen tevékenységet kell végeznie. A távjelenlét egy-két éve még sci-finek tűnő szintre jutott el: a berendezéseket szinte „teleportáljuk”. A robotika, a hálózatok, a virtuális valóság és a távjelenlét kombinálásával az eddigi eredményeket jelentősen meghaladó ember-robot hálózatos rendszereket kezdenek létrehozni. Már a tapintással nyert információk is átvihetők és éreztethetők. A japánok különböző képfeldolgozási és megvilágítási trükkökkel (retro-reflective projection technika) az illetőt, vagy annak arcát úgy „odavarázsolják” internetes hálózaton keresztül egy másik helyre, mintha a másik ember előtt lenne, megjelenne. A képet akár egy robotra is rá tudják vetíteni, és ezáltal egy következő generációs távjelenlétet eredményeznek. Sőt, nemcsak egyszerűen a cselekvést visszük át master-slave

robotkar jelleggel, hanem távolból a beavatkozó képét is odavetíthetjük ezzel a technológiával. Ha mindezt két irányban végezzük el, kölcsönös távjelenlétről beszélhetünk.

Ez a két terület halad igazán nagy léptekkel előre. Az ipari robotika szinte teljes mértékben ismertnek, jól kidolgozottnak tekinthető, a mobil robotikában azonban még mindig akad megoldandó feladat. A lépegető robotok esetében egyelőre nem oldódott meg a hatékony dinamikus járási stratégiák kialakítása. A terület másik jelentős problémája a kültéri navigáció.

Heterogén környezet esetén ezt olyan feladatokban se sikerül még megoldani, amikor nagy biztonsággal és megfelelő sebességgel kicsit távolabbi célpozícióba kell eljutnia a robotnak. Gondoljunk csak az Egyesült Államokban rendezendő mobilrobot-versenyre: a szerkezetek néhány száz méteres, vagy maximum kilométeres út után elakadtak.

- Ha most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

- Először is nem kutatási területeket javasolnék, hanem azt, hogy hihetetlenül sokat akarjanak tanulni és dolgozni, ne elégedjenek meg a jegyek, bizonyítványok valamilyen módon történő megszerzésével. Hosszútávon csak erre lehet hatékonyan alapozni. De ez a kritika inkább az oktatási rendszerre vonatkozik.

Szinte majdnem mindegy, hogy hol, de – a széles látókör mellett – valamilyen területen el kell mélyedni, és keményen kell foglalkozni azzal. Számomra az utóbbi időben a képfeldolgozás

és a robotika ezek a területek. Természetesen más témákban is található rengeteg kihívás. Ki miben leli meg az örömét.

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

- Egyrészt egyfajta naiv hozzáállást kell tanúsítani. Amikor az ember meglátja, hogy a világ bizonyos részeiben más feltételek között milyen eredményeket érnek el, nem szabad, hogy az ott lévő anyagi lehetőségekben való gondolkodás vezéreljen, vagy azon a szemüvegen keresztül ténykedjünk. Ugyanakkor lényeges, hogy megfelelően el tudjunk mélyedni, és próbáljunk eredményt produkálni bizonyos jól meghatározható kisebb részterületeken. Mi talán a PAL optikával történő megoldásainkat és az elkészített mobil robotjainkat mondhatjuk ilyennek.

vamosy.zoltan@nik.bmf.hu (Vámosy Zoltán e-mail címe)