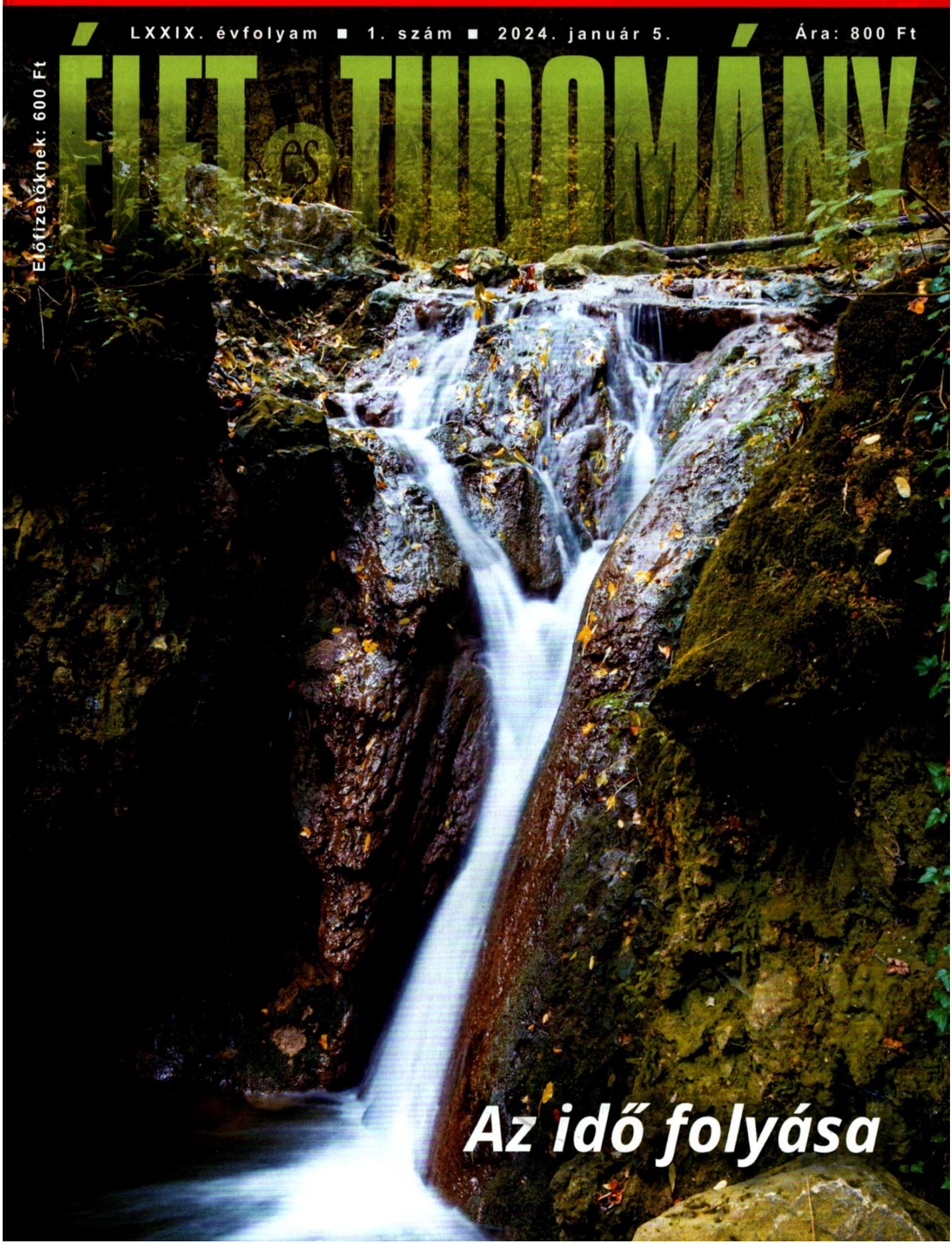
Élet és Tudomány
2024.01.04 - 2,3,4. oldal

KANÓCKÉMIA • VARÁZSOS VESZÉLY • FUTURISZTIKUS ADATOK • MADÁRMESTEREK

LXXIX. évfolyam ■ 1. szám ■ 2024. január 5. Ára: 800 Ft

ÉLET és TUDOMÁNY

Előfizetőknek: 600 Ft



Az idő folyása

Élet és Tudomány
2024.01.04 - 2,3,4. oldal

MOBILIS ROBOTOK ALKALMAZASA VESZHELYZETBEN

FUTURISZTIKUS ADATGYŰJTÉS

Az informatika fejlődésével az adatok minél inkább valós idejű begyűjtése és kiértékelése egyre szélesebb körben elterjedt. Például manapság már a mezőgazdaságban is alkalmaznak különböző érzékelőket, például páratartalom-, csapadékmennyiség-mérő berendezéseket, hőmérőket. Ám az élet számos más területén – például egy baleset túlélőinek kereséséhez – is szükség lehet egy terület folyamatos megfigyelésére.

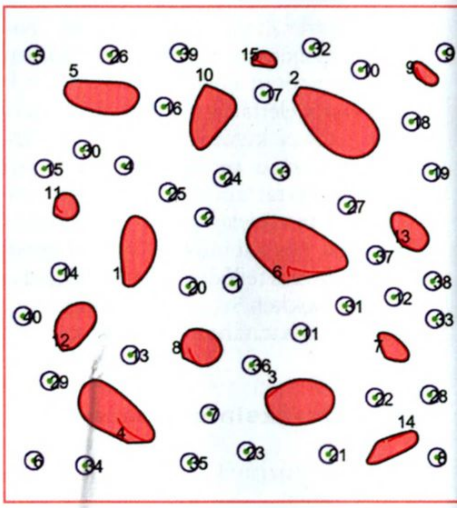
A cikk a BME, a Pro Progressio Alapítvány és az Élet és Tudomány közös ismeretterjesztő cikkpályázatára érkezett.

Távoli, elszigetelt, veszélyes vagy nagyméretű területeken a vezeték nélküli adatküldés tűnik a legkézenfekvőbb megoldásnak, hiszen így kevesebb humán erőforrás szükséges. Hátránya azonban, hogy a távoli adatküldésnek hatalmas az energiaigénye. Ennek fő oka, hogy az adatküldési sebesség, tehát az, hogy hány bitet továbbítunk egy másodperc alatt, a távolság növekedésével csökken, és így az energiaigény a távolsággal együtt nő, hiszen az adatküldési idő számottevő mértékben növekszik. Másrészről az érzékelők többsége nagyrészt a megfigyelt terület elszigeteltsége miatt akkumulátorról működik, tehát a távoli adatküldés jelentős mértékben csökkenti az érzékelőhálózat élettartamát is. Az érzékelőhálózat élettartamának növelése érdekében az adatátvitelt önjáró robotok alkalmazásával oldjuk meg. Így a közeli adatküldés kevesebb energiát igényel, ugyanakkor biztonságosabb adatátvitelt biztosít, amely számos alkalmazási területen, például katonai felhasználás során fontos szempont.

A robotok az úgynevezett báziscsomópontból indulnak ki, az összes érzékelő-csomópontról begyűjtik az adatokat, majd pedig a báziscsomópontba visszaérkezve feltöltik a begyűjtött információkat. A folyamatos adatgyűjtés érdekében a bejárást periodikusan hajtják végre. A feladat, hogy minél kisebb legyen az adatkésleltetési idő, ami nem más, mint az esemény érzékelése és a báziscsomópontba való beérkezése közötti időtartam. Ennek elérése végett a lehető legkisebb bejárási idejű útvonaltervezés a cél. Az adatgyűjtést a bejárandó terepen elhelyezkedő különböző elkerülendő objektumok, akadályok nehezítik. Az ezekkel való ütközés a robotokat károsíthatja, ezért ezeket egy bizonyos távolságban el kell kerülni. Ezért az akadályok körül virtuálisan egy biztonsági sáv helyezkedik el, amely egy konvex burkoló.

Alkalmazott robotok

Az adatgyűjtést olyan virtuális egykerekű robotokkal hajtjuk végre, amelyek állandó sebességgel haladnak és mozgásuk csak a fordulási sebességükkel (szögsebességükkel) befolyásolható, ezek az úgynevezett Dubins-járművek. Ha a fordulási sebesség nulla, akkor a robot egyenes vonalban halad, ha negatív balra, ha pozitív, akkor pedig jobbra kanyarodik. A robot fordulási sebessége korlátozott, ami azt jelenti, hogy van egy minimális és egy maximális értéke, amit nem léphet át fizikai felépítéséből eredően. A jármű fordulási sugara függ a robot sebességétől és pillanatnyi fordulási sebességétől. A legkisebb fordulási sugár a fordulási sebesség határainál alakul ki, tehát ennél kisebb sugárban a robot fizikai adottságai miatt nem tud fordulni. Az útvonaltervezés közben ezt is figyelembe kell venni. A Dubins-járművek a szakirodalomban ismert legkorlátozottabb mozgású robotok. Tehát ha egy pályatervezési feladat ilyen típusú járművekkel megoldható, akkor a többi, kevésbé korlátozott mozgású robottal is bejárható a tervezett pálya. Ezen kívül például egy adott magasságban haladó repülőgép mozgása is modellezhető Dubins-járművekkel.



Egy érzékelőmező: zölddel jelölve a csomópontok, egyes számú a báziscsomópont, pirossal az akadályok, kékkel a látogatási körök, feketével az akadályok konvex biztonsági burka.

A Dubins-jármű helyzete, úgynevezett konfigurációja egy adott területen x, y, θ számhármassal írható le, ahol az (x,y) a közismert Descartes-koordinátákat jelölik, tehát a robot helyét a kétdimenziós világban, míg a θ szimbólum a robot iránya, ami az x tengellyel bezárt szöge. A Dubins-jármű egy fontos tulajdonsága, hogy bármely konfigurációból bármely konfigurációba el tud jutni úgy, hogy vagy minimális fordulási sugárra fordul, vagy

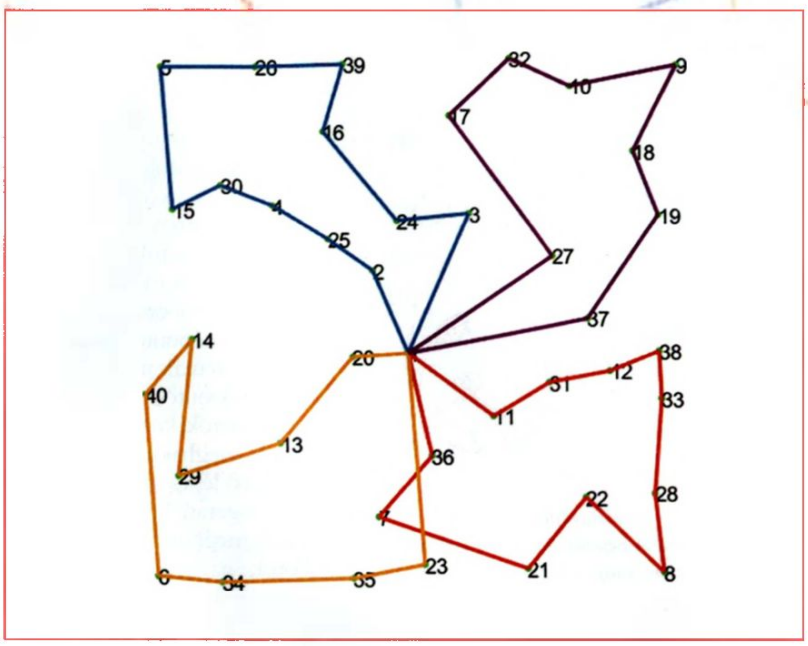
egyenesen halad, és ezeket a mozgásformákat illeszti egymás után a célpont eléréséhez. Az optimális megoldás három különböző mozgásforma egymás után illesztésével elérhető, ezek az úgynevezett Dubins-görbék. Fontos kiemelni, hogy ezek csak szabad, akadályokat nem tartalmazó térben adnak biztosan optimális megoldást.

Adatgyűjtési feladat

Az adatgyűjtési feladat megoldásához először meg kell határozni, hogy milyen kritériumai vannak az úttervezésnek, tehát milyen feltételeknek kell megfelelnie a tervezett útnak. A tervezett útnak zártnak kell lennie a periodikus adatgyűjtés érdekében, ütközésmentesnek a csomópontokkal és az akadályokkal, ami azt jelenti, hogy ezeket bizonyos biztonsági sávval el kell kerülnie a robotnak. Ezen kívül biztosítani kell elegendő időt a robotnak az adatok le- és feltöltéséhez. Mivel a járművek megállítására és újraindítására nincs lehetőség, az adatátvitel közben a robotok a csomópontok körül haladnak, az úgynevezett látogatási körön, amely egy olyan minimális fordulási sugarú kör, amelynek középpontja az adott csomópont. Ez biztosítja a csomópontokkal való ütközésmentességet is. A tervezett útnak ezen kívül olyannak kell lennie, hogy a korlátozott mozgású Dubins-járművek végig tudjanak haladni rajta. Ez úgy biztosítható, hogy a robotok az akadályok és a látogatási körök között a közöttük húzott érintőkön haladnak végig, majd pedig a látogatási körökön és az akadályok konvex burkoló görbéjén haladnak tovább a következő érintő érintési pontjáig. Tehát a tervezett út érintők és ívek egymást követő láncolatából áll. Az akadályok mentén haladva csak a következő érintési pont elérése a cél, míg a látogatási körök mentén addig kell körözni, amíg az összes adat be nem gyűjtötték.

Útvonaltervezés

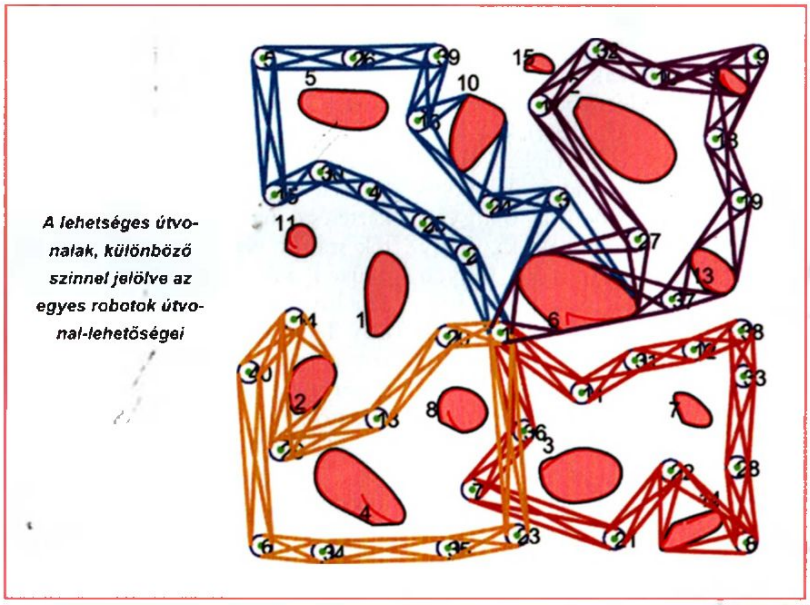
A robotok útvonalának megtervezése során először is meg kell határozni az érzékelő-csomópontok bejárási sorrendjét. Egy robot esetén a feladat az utazó ügynök problémára vezethető vissza. Ez egy házaló eladó napi útvonalának megtervezési problémája.



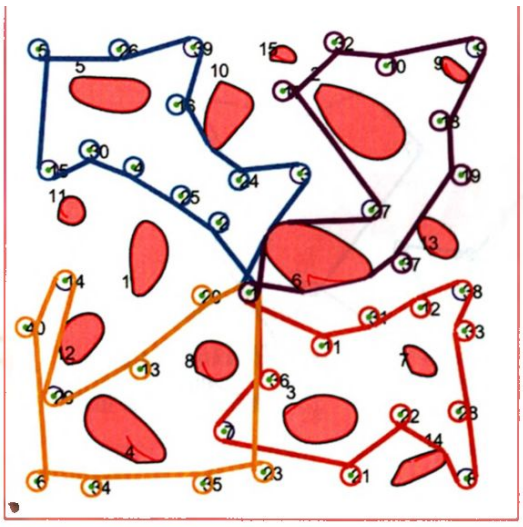
A hangyák által tervezett több utazó ügynökös probléma megoldása

Az eladó otthonról indul és a célja az összes ügyfelének meglátogatása a lehető legrövidebb úton.

Ennek egy kiterjesztése a több utazó ügynökös probléma, amikor több együttműködő eladó végzi a házalást, amelynek számos különböző változata ismert. Az egyik szerint minden ügynök ugyanonnan indul, és ugyanoda érkezik meg, más változata szerint pedig minden ügynök a saját otthonából indul. Valamikor az ügynökök által összesen megtett út a minimalizálandó kritérium, máskor pedig a cél a közel egyforma bejárási idő az egyes ügynökök számára. Mivel az érzékelőmezőn csak egy báziscsomópont helyezkedik el, így minden robotnak ott kell feltöltenie az adatokat, miután begyűjtötte azokat az érzékelő-csomópontokról. Mivel a feladat az adatgyűjtési idő minimalizálása, a megoldás során a különböző együttműködő robotoknak készült útvonalakból a legidőigényesebb minimalizálása a cél. Így hasonló időigényű utak készíthetők a különböző robotok számára.



A lehetséges útvonalak, különböző színnel jelölve az egyes robotok útvonal-lehetőségei



A tervezett adatgyűjtési útvonalak. Az útvonalak bejárási ideje: kék – 166s, piros – 170s, sárga – 168s, és lila – 158s.

A probléma pontos megoldása tehát az összes lehetséges bejárási sorrend felkutatása és abból a legrövidebb kiválasztása kisszámú állomás esetén még nem igényel túl nagy számítási kapacitást, azonban nagyszámú állomást tartalmazó útvonalak esetén az egzakt megoldáshoz szükséges számítási idő olyan nagy, hogy gazdaságtalanná teszi az ilyen irányú megoldást. Ehelyett az utazó ügynök problémájának megoldására különböző közelítő algoritmusokat lehet használni, melyek ugyan nem adják meg a tökéletes megoldást, de jól közelítik meg azt, míg a kiszámításukhoz szükséges idő csupán töredéke az egzakt megoldásokénak. Az utazó ügynök probléma megoldására használt modellnek a természet nyújtott inspirációt.

A hangyakolóniák táplálékkeresés során számos felderítőt küldenek ki a bolyból, amelyek bejárják a környező területet, és ha táplálékot találnak, akkor visszaindulnak a bolyba. Mozgás közben a hangyák feromonokat bocsátanak ki, hogy így jelezzék társaiknak, milyen irányban találnak rá a táplálékra. A feromon idővel elpárolog, így csak azok az útvonalak maradnak meg, melyek elegendően nagyszámú más hangyát tudnak vonzani ahhoz, hogy a kibocsátott feromon mennyisége meghaladja az elpárolgottét.

Az algoritmusban használt mesterséges hangyák hasonlóan viselkednek a természetben fellelhető társaikhoz. Ezek azonban rendelkeznek előzetes információval a csomópontok távolságáról, illetve számon tudják tartani, hogy mely csomópontoknál jártak és azokat nem látogatják meg újra. Illetve az egy csapatban dolgozó hangyák rendelkeznek közös tudással, így tudják, hogy csapattársaik mely csomópontokat látogatták már meg, ilyen módon biztosítható, hogy a robotok minden érzékelő-csomópontot csak egyszer látogassanak meg.

A csomópontok szétosztása az egyes robotok közt és a bejárási sorrend meghatározása után a következő lépés az egymást követő látogatási körök között az érintők meghatározása, hiszen a robotok ezeken tudnak majd haladni. Előfordulhat azonban, hogy egy-egy érintőt akadály blokkol. Ekkor az akadályhoz érintőket húzunk a blokkolt érintő kezdő- és végpontjához tartozó látogatási körből. Majd pedig minden látogatási körön kiszámítjuk a megtenni szükséges ívhosszat az adatgyűjtéshez, a beérkező érintők érintési pontjai és a következő látogatási körhöz vagy akadályhoz húzott érintők kezdőpontjai között. Természetesen az akadályok mentén megtenni szükséges ívhosszat is kiszámítjuk. Az algoritmus utolsó pontja, hogy minden robotra az érintők és ívhosszak által leírt útvonalaiból kiválasztjuk a legrövidebb utat.

Tanulság és kitekintés

Különböző érzékelési területeken, amelyek mások mind az érzékelő-csomópontok elhelyezkedésében, mind az akadályok pozíciójában, különböző számú robotból álló rendszerrel szimulációkat végeztünk el. Arra a következtetésre jutottunk, hogyha a robotok számát növeljük, akkor az adatgyűjtési idő fokozatosan csökken, azonban a csökkenés mértéke is csökken. Tehát az öt és hat robotra tervezett útvonal bejárási ideje között lényegesen kisebb a különbség, mint például a kettő vagy három robotra végzett szimulációk között. Ennek az oka az, hogy a robotok ugyanabból a bázicsomópontból indulnak, és ugyanoda érkeznek is vissza, amely többletutat és így időt jelent az adatgyűjtés során. Ha a robotok által összesen megtett úthosszat viszgáljuk, azt állapíthatjuk meg, hogy ez egyenes arányban nő az alkalmazott robotok számával. A megtett úttal arányos viszont a robotok költsége, gondoljunk csak ezek üzemanyagára, üzemeltetésére. Következésképpen az alkalmazott robotok számának meghatározása során a bejárási idő minimalizálása és a robotok hatékony üzemeltetése között kell egyensúlyra találni.

Az itt felvázolt útvonaltervezési algoritmus számos irányba fejleszthető tovább. Automatikusan felhasználható több bázispontot tartalmazó érzékelőmezőn történő adatgyűjtésre. Ekkor minden robot más-más bázicsomópontból indul és az indulási bázicsomópontjába tölti fel a begyűjtött adatokat. Ezzel a megoldással a robotok által bejárt útvonal hossza jelentős mértékben csökkenthető. Ekkor a bázicsomópontokról való adatgyűjtésre szintén alkalmazható egy adatgyűjtő robot, amely csak a bázicsomópontokról gyűjt be adatokat és azokat eljuttatja egy bázisra. Ugyanakkor alkalmazhatók hibrid rendszerek, ahol az érzékelő-csomópontok eljuttatják az adatokat a legközelebbi bázicsomópontra, és a robotoknak csak ezekről kell az adatokat begyűjteni. Mód van arra, hogy az algoritmust nem periodikus, hanem csak egyszeri adatgyűjtésre alkalmazzuk. Erre például egy mentőexpedíció szervezése során lehet szükség. Lehetőség van arra, hogy egyes csomópontok prioritást kapjanak, ekkor az adatgyűjtést végző robotok először ezekről az érzékelőkről gyűjtik be az információt, ennek a felhasználási lehetősége például természeti katasztrófák vagy balesetek esetén jelentős, hiszen fontos, hogy az előzetes felmérés után a mentőcsapatok a minél inkább sürgős eseteket tudják ellátni. Szintén alkalmazható mozgó csomópontokról való adatgyűjtésre, ami például az egymást segítő, bajba jutott síelők kimentése során lényeges.

Szénási Sára
BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Irányítástechnika és Informatika Tanszék

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-2-III-BME-233 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.