Kolozsvár, 1998. március 20-21.

MINŐSÍTŐ HALMAZELMÉLET ALKALMAZÁSA MOBILIS ROBOTOK PÁLYATERVEZÉSÉBEN

Liszka Levente, Mihálcz István

ABSTRACT

This paper presents a Fuzzy-logic based path planning for autonomous robot. Generally the Fuzzy-logic application is in the control system, but we can use it to determine the autonomous robot's trajectory. In this case the input data are the distance until the obstacles and the relative position for which of them (what can be determined by the robot's sensors), and the output data is the moving direction of the autonomous robot. For simulation the Fuzzy-logic based algorithm we present a simulation program using AutoCAD and AutoLISP software, which give the possibility to define the environment where the robot is moving and also the start point and end point.

1. Bevezetés

A különböző iparágakban alkalmazott mobilis robotok útvonaltervezése igen fontos kérdés. Ebben a cikkben ismeretlen környezetben navigáló robot útvonalának minősítő halmazelméleten alapuló tervezésének algoritmusát mutatjuk be.

A cikk lényegében egy olyan *fuzzy* szabályzó, amelynek bemeneti értékei a robot érzékelői által szolgáltatott adatok (a robot útjába eső akadályokról kapott információk), a kimeneti értékei pedig a robot mozgásirányát meghatározó tényezők. A pályatervezés csupán geometriai szempontból történik, tehát nem vesszük figyelembe a dinamikai tényezőket.

Az ismertetésre kerülő módszer egy e célra tervezett szimulációs program segítségével tanulmányozható, amelynek leírására a későbbiekben kerül sor.

2. A mobilis robot és a navigációs környezet matematikai modellezése

A mobilis robotra alkalmazott matematikai modell jellemzői:

- a robot síkban mozog kerekes meghajtás segítségével, a szabadságfoka 3;
- a robot befoglaló méretei ismertek, a robot véges kiterjedésű, véges csúcshögű sokszög alakú;

- a robot egy referenciaponttal jellemzett, amely egy köréje írható kör középpontja; ennek a körnek az $r_{MR}=r_{REF}$ sugarát referencia-távolságként fogjuk használni;

A navigációs környezet matematikai modellje:

- a navigációs környezet véges, adott méretű, oldalfalakkal határolt;
- a navigációs környezetben belül véges darabszámú akadály található;
- az egyes akadályok véges csúcsszámú konvex sokszög alapterületűek és függőleges oldalfalakkal rendelkeznek;
- a robot elér bármely két szomszédos akadály között;

Ha ezek a feltételek teljesülnek, a navigációs problémát egy síkban vizsgálhatjuk, tehát elegendő 2 dimenzióban dolgoznunk.

Ezen kívül a robot a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

- bármelyik pontban képes meghatározni saját helyzetét (például a navigációs környezet határán elhelyezkedő két rögzített ponttól mért távolságának a segítségével);
- a robotra 10° -os szögtávolságra szenzorok vannak helyezve, amelyek a robot „látómezejében” található akadályokig mért távolságot szolgáltatják; a mobilis robot „látómezeje” egy R_{LM} sugarú kör, ahol:

$$R_{LM}=10 \cdot r_{REF}.$$

A továbbiakban a megadott kiindulási pontból a szintén adott célpontba vezető pálya minősítő halmazelméleten alapuló tervezésének a lépéseit tárgyaljuk.

A *referenciairányt* a mobilis robot adott helyzetéhez tartozó referenciapont és a végpont határozza meg. A kiindulási pontból elindulva, a mobilis robot ezen egyenes mentén halad a célpont irányába és szenzorrendszere segítségével figyeli az előtte megjelenő akadályokat. Amikor a „látómezejébe” egy vagy több akadály kerül, eltér a célpontba vezető egyenes pályáról és a *fuzzy vezérlő* által szolgáltatott irányt követi.

3. A minősítő halmazelméleten alapuló pályatervezés

A bemeneti értékek a mobilis robot „látómezejében” található akadályokig mért távolság (*akad-táv*), és ezeknek a referenciairányhoz viszonyított pozíciója (*akad-irány*). A bemenetei hovatartozási (tagsági) függvények az 1. ábrán láthatók.

1. ábra

A tagsági függvények segítségével a határozott bemeneti értékeket minősítő változókra alakítjuk (kicsi, közepes, stb) és mindegyikhez hozzárendeljük a megfelelő igazságértéket. Például, ha az akadályig mért távolság :

$$akad-táv = 6.2 * r_{REF} ,$$

akkor az ehhez tartozó minősítő értékek „közepes” illetve „nagy”, amelyek a következő igazságértékekkel rendelkeznek:

$$\mu_{közepes}(6.2 * r_{REF}) = 0.4$$

$$\mu_{nagy}(6.2 * r_{REF}) = 0.6$$

A minősítő változókra alkalmazzuk a szabályokat. A szabálybázis logikai szabályokból áll mint például:

HA (akadály-táv = közepes) **ÉS** (akadály-irány = fél-jobb) **AKKOR** (kitérés = fél-bal)

Az aktív szabályokból levont következtetések meghatározzák a kimeneti változó minősítő értékeit. Ezek igazságértékét (hovatartozási mértékét) a megfelelő bemeneti változók igazságértékeinek logikai műveletekkel történő összegezése után számíthatjuk ki. A kimeneti tagsági függvény a 2. ábrán látható.

2. ábra

Mivel általában több szabály aktív, a kimeneti változó egyidőben több értékkel rendelkezhet (például egy távolság lehet „kicsi” és „közepes”). A határozott kimeneti értéket a minősítő értékekből a centroid eljárással számítjuk ki. Ennek az a sajátossága, hogy egyes minősítő értékekhez tartozó felületek együttesének súlypontja szabja meg a határozott értéket:

$$\alpha = \frac{\sum_i \mu_i \cdot kimenet(i)}{\sum_i \mu_i}$$

ahol: $kimenet(i)$ – a határozott kimeneti értékek

μ_i – a határozott kimeneti értékek igazságértékei.

Az így kiszámított érték szolgál a mobilis robot haladási irányának a meghatározására.

4. A szimulációs program leírása.

A leírt pályatervezési módszer egy szimulációs programon tanulmányozható. A szimuláció AutoCAD alatt futtatható AutoLISP program-együttesből áll. A program kéri a helység méreteit, az akadályok megrajzolását, a robot matematikai modelljének méreteit valamint a kiindulási pontot és a célpontot, majd kirajzolja a minősítő halmazelmélet segítségével meghatározott pályát. A szimulációs program által meghatározott pályát a 3. ábrán látható példán szemléltetjük.

3. ábra

5. Következtetés

A minősítő halmazelméletet főképp a szabályzástechnikában alkalmazzák, de sok más folyamat leírásában használhatunk matematikai egyenletek helyett logikai döntéseket, így a mobilis robotok pályatervezésében is. A bemutatott alkalmazás továbbfejleszthető a hovatartozási függvények „finomításával”, a szabálybázis bővítésével, a pálya optimalizálásával.

Bibliográfia

1. Dr. Vörös Gábor, „Bevezetés a neurális és minősítő számítástechnikába”, LSI oktatóközpont, Budapest 1997, 67-86 és 103-104 oldalak.
2. Liszka Levente, „Metode clasice și logica fuzzy în evitarea obstacolelor de către un sistem mobil”, diplomaterv, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 1995
3. Gürtler Csaba, „Dinamikus modellen alapuló trajektóriatervezés mobilis robotok számára”, Nemzetközi Automatizálási és Robottechnikai Szimpózium és Szakkiállítás, Budapest, 1997. Nov.25-27, 114-121 oldalak

Liszka Levente, Mihálcz István: okleveles gépészmérnökök, doktorandusz hallgatók, Budapesti Műszaki Egyetem, Finommechanikai és Optikai Tanszék, H-1111, Egry J. u., 1., E ép., III. em., 1., vagy H-1521 Budapest, Pf. 91, Tel: (+36-1) 463-2088, Fax: (+36-1) 463-3787, E-mail: liszka@fot.bme.hu, mihalcz@fot.bme.hu