

TEXNİKA ELMLƏRİ TECHNICAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2789-6919/34/42-47>

Surxan Ələsgərov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
surxan.alasgarov.a@asoiu.edu.az

Z-MƏNTİQİ ÇIXARIŞA ƏSASLANAN İNTELLEKTUAL İDARƏETMƏ SİSTEMİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Xülasə

Ənənəvi qeyri-səlis məntiq yanaşması qərar qəbul etmək üçün qeyri-səlis çoxluqlarda üzvlük dərəcələrini təmsil edən dəqiq ədədlərdən istifadə edir. Bununla belə, aydın ədədlər real dünya problemləri ilə bağlı qeyri-müəyyənliklərin tam spektrini adekvat şəkildə tutmaya bilər. Bu məhdudiyyəti aradan qaldırmaq üçün Zadə qeyri-səlis ədədlərin uzantısı olan Z ədədləri anlayışını təqdim etmişdir. Z ədədləri üzvlük dərəcəsi, üzv olmama və tərəddüd dərəcələrini nəzərə alaraq qeyri-müəyyənliklərin daha əhatəli modelləşdirilməsini təklif edir. Tədqiqatçılar son illərdə mobil robot naviqasiyası üçün qeyri-səlis məntiqə əsaslanan müxtəlif yanaşmaları geniş şəkildə tədqiq ediblər ki, onların arasında Z ədədinə əsaslanan qeyri-səlis məntiq yanaşması diqqəti çəkir. Qeyri-səlis çoxluqların innovativ genişləndirilməsi olan Z ədədləri bu yanaşmada mobil robotların naviqasiyasında qeyri-müəyyənliyin daha dəqiq təsvirini təmin etmək üçün istifadə olunur. O, müxtəlif mühitlərdə mobil robot naviqasiyasının təkmilləşdirilməsində perspektivli nəticələr nümayiş etdirdi.

Səmərəli naviqasiya mobil robotlar üçün əsas tələbdir, yolun planlaşdırılması, maneələrin aşkarlanması və qarşısının alınması və trayektoriyanın izlənilməsi kimi vəzifələri əhatə edir. Etibarlı və dəqiq naviqasiyaya nail olmaq üçün çoxsaylı texnikalar, o cümlədən Z ədədinə əsaslanan qeyri-səlis məntiq (ZNFL) yanaşması təklif edilmişdir. ZNFL klassik qeyri-səlis üzərində genişlənir. Qeyri-müəyyən sistemlərdə təsadüfiliyin və cəhalətin təsvirini asanlaşdıran bir konsepsiya olan Z-ədədlərinin integrasiyası ilə məntiq vardır. ZNFL-ə əsaslanan yanaşmanın istifadəsi alternativ naviqasiya üsulları ilə müqayisədə çoxsaylı üstünlüklər təklif edir. Etibarlı və dəqiq naviqasiyaya nail olmaq üçün çoxsaylı texnikalar, o cümlədən Z ədədinə əsaslanan qeyri-səlis məntiq (ZNFL) yanaşması təklif edilmişdir.

Açar sözlər: Z ədədi, qeyri-səlis çoxluqlar, intellektual idarəetmə sistemi, qeyri-səlis məntiq, naviqasiya sistemləri

Surkhan Alasgarov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master student
surxan.alasgarov.a@asoiu.edu.az

Modeling of an intelligent control system based on Z-logical inference

Abstract

The traditional query-fuzzy logic approach uses exact numbers representing degrees of membership in query-fuzzy sets to make decisions. However, simple numbers may not adequately capture the full range of variables associated with real-world problems. To overcome this limitation, Zadeh introduced the concept of Z numbers, which is an extension of fuzzy numbers. Z numbers offer a more comprehensive modeling of covariances, taking into account membership rates, non-

membership rates, and swing rates. In recent years, researchers have widely studied various fuzzy logic-based approaches for mobile robot navigation, among them the fuzzy logic approach based on the Z number is noteworthy. Z numbers, an innovative extension of linear-fuzzy manifolds, are used in this paper to provide a more accurate representation of linearity in mobile robot navigation. It has shown promising results in improving mobile robot navigation in various environments.

Efficient navigation is a key requirement for mobile robots, including tasks such as path planning, obstacle detection and avoidance, and trajectory tracking. Various techniques have been proposed to achieve reliable and accurate navigation, including the Z-number-based fuzzy logic (ZNFL) approach. The ZNFL expands on the classical genre-fluid. There is logic in the integration of Z-numbers, a concept that facilitates the description of randomness and ignorance in arbitrary systems. The use of ZNFL-based navigation offers several advantages over alternative navigation methods. Various techniques have been proposed to achieve reliable and accurate navigation, including the Z-number-based fuzzy logic (ZNFL) approach.

Keywords: Z number, fuzzy sets, intelligent control system, fuzzy logic, navigation systems

Giriş

Robot naviqasiyası robototexnikada, xüsusən də naməlum və ya dinamik mühitlərdə vacibdir. Robotlar ətraf mühitdəki qeyri-müəyyənlikləri və variasiyaları idarə etmək üçün etibarlı və möhkəm naviqasiya alqoritmlərinə malik olmalıdır. Qeyri-səlis məntiqə əsaslanan yanaşmalar verilənlərdəki qeyri-müəyyənlikləri və qeyri-müəyyənliyi idarə etmək qabiliyyətinə görə mobil robot naviqasiyasında geniş şəkildə istifadə edilmişdir. Qeyri-səlis məntiq qeyri-müəyyən situasiyalarda əsaslandırma və qərar qəbul etməyi asanlaşdıran riyazi çərçivədir. Robot naviqasiyası da daxil olmaqla, müxtəlif domenlərdə geniş yayılmış tətbiq tapmışdır.

Metodlar. Z ədədinin pradiqmasını təsvir etmək üçün əvvəlcə Lütfi Zadənin müəyyən etdiyi qeyri-səlis ədədlər anlayışını nəzərdən keçirək. Qeyri-səlis S çoxluğu μ_s üzvlük funksiyası olduqda R qeyri-səlis ədəd adlanır və aşağıdakı şərtləri ödəyir:

- 1) $S = \{x_i \in R: \mu_s(x_j) > 0\}$ sonludur
- 2) $\mu_s(x_j) = 1 \forall j \in [q, r]$ olanda $1 \leq q \leq r \leq n$.
- 3) $\mu_s(x_i) \leq \mu_s(x_j) < 1 \forall i, j \in [1, q]$ və $(i \leq j)$.
- 4) $1 > \mu_s(x_i) \geq \mu_s(x_j) \forall i, j \in [r, n]$ və $(i \leq j)$.

Burada $\mu_S(x) : R \rightarrow [0, 1]$ π tipli funksiyayı təmsil edir, məsələn üçbucaqlı və ya trapezodial üzvlük funksiyalarını götürək. Bu funksiyalar (X) ilk olaraq azalmır və maksimum birlik dəyərinə çatır, sonra isə artmayan funksiya (X) olur. Beləliklə, qeyri-səlis ədədlər π tipli üzvlük funksiyasına malik qeyri-səlis çoxluğu göstərir və qeyri-səlis çoxluq və kordinallığı ilə xarakterizə olunur (1).

Z ədədi isə A və B qeyri-səlis ədədlərinin birləşməsindən yaranmış qeyri-səlis ədəddir. Qeyri-səlis ədəd onun dəstəkləyici nöqtələrinin ümumi mənsubiyyət göstəricisi olsa da, Z ədədi kəmiyyəti göstərir və iki üzvlük dəyərini də istifadə edən linqvistik ədəddir. Təbii dildə ifadə edilən Y, subyekt X-də “Z – ədədi” aşağıdakı kimidir:

$$Z(Y) = \langle A, B \rangle \quad (1.1.)$$

Burada:

- 1) Burada A X-in qiymətləri ilə məhdudlaşdırılmışdır (real qiymətli qeyri-müəyyən dəyişən);
- 2) B A-nın etibarlılığını müəyyən edir; A-nın ehtimal olunan ölçüsünün dəyəri qeyri-səlis məhdudiyyət kimi rəsmiləşdirilmişdir;
- 3) Tipik olaraq, A və B təbii dildə sözlərin və ədədlərin qeyri-səlis tənliklərlə ifadə olunmasıdır;
- 4) A və B qiymətləri müvafiq olaraq üzvlük funksiyalar ilə (μ_A, μ_B) assosiasialar vasitəsilə dəqiqləşdirilir;
- 5) İfadədən belə nəticə çıxarmaq mümkündür ki, əgər Y ədədi X ədədi haqqında bir sıra ifadələrdən biridirsə, A və B ədədləri müvafiq olaraq ümumi kontekstdə nəzərdə tutulan fiqurlardan irəli gəlir;

6) X təsadüfi dəyişən olduğundan onun etibarlılıq səviyyəsi $\langle X, A \rangle$ cütləməsinin ehtimalı kimi şərh edilə bilər. Başqa sözlə desək, B sualına cavab olaraq adlandırıla bilər. X və A birlikdə R real xəttində təsadüfi qeyri-səlis hadisəni təmsil edir və bu hadisə aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$p = \int_R \mu_A(u) p_X(u) du. \quad (1.1.2)$$

Burada u müəyyən bir nümunədə X-in dəyəridir. p_X X-in əsas ehtimal sıxlığıdır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\int_R \mu_A(u) p_X(u) du = B \quad (1.2)$$

Gündəlik ifadələri də Z ədədləri ilə göstərmək mümkündür:

1) $Y_1 =$ evdən iş yerinə getmək üçün təxmini 1 saat vaxt sərf edirəm

Beləliklə, burada $X =$ iş yerinə çatma vaxtı $Z =$ ümumiyyətlə təxmini hesablanan bir saat.

2) $Y_2 =$ Bu şəkil heyvətamizdir!

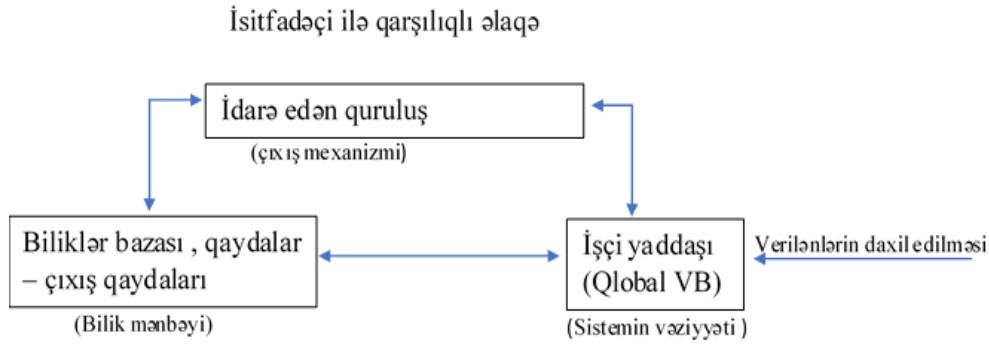
Burada, $X =$ şəkilin təəssüratı və $Z =$ heyvətləndirici (ümumilikdə) (2).

Süni intellekt sistemlərinin quruluşu haqqında danışdıqda ilk öncə konkret tədqiqat sahəsində biliklərin tətbiqi və problemin həlli çərçivəsində təşkilati struktur başa düşülür.

Süni intellekt sistemlərinin komponentlərinin müvafiq quruluş, xüsusiyyət və funksiyalarına görə, əsasən də istehsal özəlliklərinə görə mühəndislik prinsipləri üzrə müəyyən edilir və istiqamətləndirilir. Bu prinsiplərin formalaşmasına müəyyən dərəcədə tədqiqat sahəsinin özünəməxsus təsiri var ki, bu da həll edilən məsələ və funksiyaların xarakterini intellektual sistemlərə həvalə edir. İntellektual sistemlərin ümumiləşmiş quruluşu istehsalın tədqiqat sahəsi üçün nəzərdən keçirilir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, istehsal müəssisələrində iqtisadi fəaliyyətin çoxlu sayda həlli tələb olunan məsələləri vardır. Sistemin inteqrasiyası probleminin uğurlu həlli və istehsalın avtomatlaşdırılmış idarə edilməsi müxtəlif səviyyədə onların intellektuallaşdırılması ilə bağlıdır. Avtomatlaşdırılmış istehsalın əsas funksional və təşkilati hissələrinə layihələşdirmə, planlaşdırma, istehsalın təşkili və dispetçerləşdirilməsi, texnoloji proseslərin idarə olunması, diaqnozun təyin olunması və çevik törəmə sistemlərində texnoloji hissələrin robotlaşdırılması aiddir. Yerinə yetirdiyi funksiyaların xarakterinə və fəaliyyət sahəsinə görə ekspertlərin bir neçə tipik vəzifəsi vardır. Onların analizi biliklərə əsaslanan törəmə sistemlərinin layihəsində istiqamətlənməyə xidmət edir. Bu vəzifələr bunlardır: izahat (interpretasiya), planlaşdırma, idarəetmə, layihələşdirmə, proqnozlaşdırma, dispetçerləşdirmə və monitoring, diaqnostika. Ən əsas ekspert öz biliklərini yeniləşdirir (yəni, öyrənir), hərəkətləri izah edə bilər, qərarları əsaslandırır, vəziyyətin dəyişməsinə proqnozlaşdırır, xarici mühitlə fəal əlaqədə olub müxtəlif xarakterli informasiya alır, bilikləri əsasında tapşırıq həll edə, lazım olan informasiya və faktoqrafik verilənləri yadda saxlaya bilər. Ona görə də öz bilikləri ilə işləyən və müəyyən mənada eksperti əvəz edən və ya ona kömək edən sistem yaratmaq istəyiriksə, bütün bu sadaladığımız funksiyaları sözügedən sistemin quruluşuna daxil etməyə cəhd etməliyik. Aşağıdakı şəkildə intellektual sistemlərin ümumiləşdirilmiş quruluşu, komponentləri və əlbəttə ki, onu əhatə edən mühit verilmişdir. Bütün bu komponentlərlə yanaşı vacib, biliklərə əsaslanan, mövcudluğu konkret məsələlərlə müəyyən olunan hər bir sistem üçün müxtəlif vəzifələr təyin edilir.

Hər bir idarə edən sistem üçün BB və ona uyğun, biliklərlə işləyən çıxış mexanizmi lazımdır. Adətən intellektual sistemlər son istifadəçi ilə, ekspertlə, bilik mühəndisi ilə, daxili verilənlər bazası (VB) ilə və tətbiqi proqram təminatı ilə qarşılıqlı əlaqədə olurlar (3).

İstifadəçi interfeysi məhdud təbii dildə danışığın daxil edilməsi və həm də vizual təqdimatla (qrafika, texniki görmə) əlaqəni təmin edir. İstifadəçi qismində insan-operator və ya qapalı dövrə əməliyyatlarda istehsal prosesinin özü çıxış edə bilər. Bir çox istehsal prosesində verilənlərin avtomatik qəbulu və emalı, həm də idarəetmə üzrə əks əlaqə vasitələri lazım olur. Bilik mühəndisi ilə intellektual sistemlər, adətən, BB-nin komponentlərini almağa və modifikasiya etməyə icazə verən quruluş redaktorların köməyi ilə əlaqələndirilir (bax. Şəkil 1).



Şəkil.

1. Məhsuldar sistemlər üçün BB ilə intellektual sistemlərin əsas komponentləri arasında qarşılıqlı əlaqənin quruluşu.

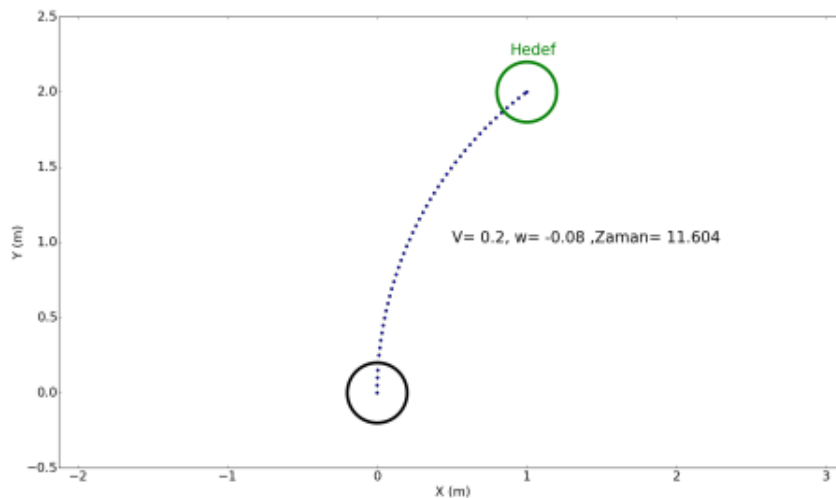
Kalman filtrinin ideyası robotun başlanğıc nöqtəsi, hərəkəti və sensor modelinin daha əvvəl qeyd etdiyimiz kimi qauss sıxlığı ilə ifadə oluna biləcəyi yerdə, qapalı formada həll ediləcək mərhələlər. Kalman filtri əsasında bu texnikaların robotun mövqe izləmə problemini dəqiq və düzgün həll edə biləcəyini söyləmək olar.

RRT* metodu maneəsiz mühitlərdə qovşaq (V) və keçid (E) qruplarını ehtiva edən zamanla genişlənən ağac strukturunun ($T = (V, E)$) yaradılmasına əsaslanan yol planlaşdırma üsuludur. Bu üsulda başlanğıc nöqtəsi node klasterinin ilk elementidir. Yeni əlaqələr qurulduqca node klaster genişlənir. Bu genişlənmə xəritədə təsadüfi maneəsiz ərazilərdən nümunələrin götürülməsi və robotların hərəkəti meyarlarına uyğun olaraq bu nümunələrlə əlaqənin qurulması ilə əldə edilir. Əlaqələr dəstində bu qovşaqlar arasında əlaqələr saxlanılır. Optimal yolun planlaşdırılması maya dəyərinin tədricən minimuma endirilməsi metodunun adıdır.

Trayektoriya xərcləri $c(x)$ ilə işarələnir və Onun dəyəri həmişə olur. müsbət. RRT* metodu orbital xərcləri minimuma endirməklə, tədricən genişlənən ağac strukturu yaradır. (1.3)

$$\text{cost}(Z_{\text{new}}) := \text{cost}(Z_{\text{current}}) + c(x) \quad (1.3)$$

RRT* metodu, RRT metodu kimi, başlanğıc nöqtəsindən başlayaraq ağac strukturunu genişləndirməyə çalışır. RRT metodu yeni nümunəyə ən yaxın olan budaq ucundan genişlənməyə çalışarkən, RRT* alqoritmi yeni nümunəyə ən az xərcə çatmaq üçün nümunə ətrafındakı qonşuları xərc funksiyasına görə qiymətləndirir. Düyündən maneəsiz ərazi daxilində xərcləri minimuma endirəcək bir əlaqə qurulur (4).



Şəkil. Hərəkət modeli ilə tapılan yol və kontrol siqnalları

Z məntiqi ədədinə qeyri-səlis nəzarətçi ətraf mühitdə təhlükəsiz hərəkət etmək üçün robotun istədiyi sürəti, istiqaməti və fırlanma bucağını müəyyən etmək üçün qeyri-səlis qaydalardan istifadə edir.

N girişli FLC sistemində qeyri-səlis sistem F_i ($i \in [n]$) aşağıdakı kimi müəyyən edilir (1.4)

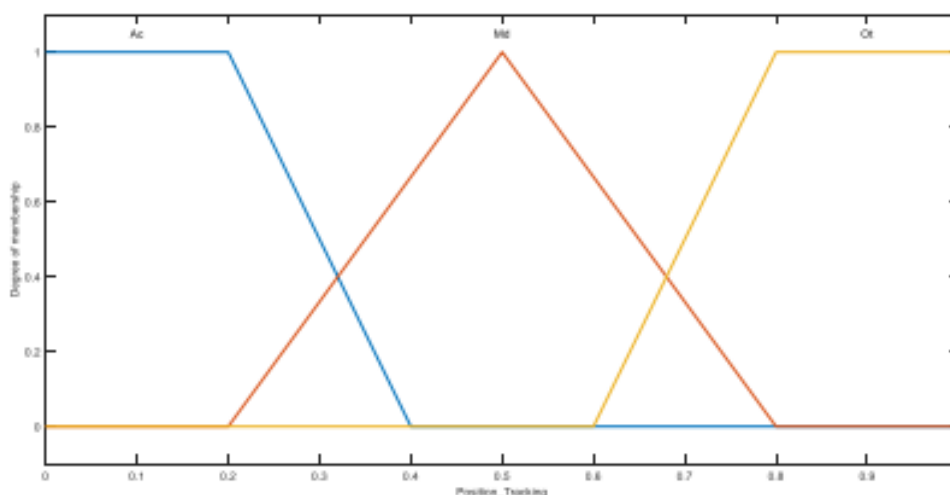
$$F_i = \{(x_i, \mu A(x_i)) | \mu A(x_i) \in [0, 1] \forall x_i \in R\} \quad (1.4)$$

Robotun kontrol sistemi, sensor məlumatlarının oxumaq və robotun hərəkətlərini tapmaq üçün qeyri-səlis qərar qəbul etmə sistemini (FIS) istifadə edir. FIS, robotun yolundakı müxtəlif maneə bölgələrinin üzvlük və ya qeyri-üzvlük dərəcəsi təmsil etmək üçün Z ədədlərini istifadə edir (4), (5).

Robotun mühiti ilə bağlı ekspert bilikləri və təcrübələri əsasında qaydalar bazası hazırlanır. Qaydalar bazası robotun maneələrdən qaçmasına imkan verən sensor girişlərini müvafiq çıxışlara uyğunlaşdıran bir sıra qeyri-səlis qaydalar təqdim edir. Qeyri-səlisləşdirmə sentroid üsulu ilə hesablanı bilər. A_i və x_i i-ci subregionun sahəsini və ağırlıq mərkəzini bildirsin (1.5)

$$X^* = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * x_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1.5)$$

$A_i = \int \mu c(x) dx$ və n həndəsi komponentlərin sayıdır (6).



Şəkil. Mövqe izləmə

Naviqasiya Müvəffəqiyyət Dərəcəmiz (%), Yol Dəqiqliyi (sm), Maneələrdən Qaçma və Real vaxtda Hesablama Effektivliyi (ms) daxil olmaqla, müxtəlif vacib ölçülərdən istifadə edərək performansımızı hərtərəfli qiymətləndirdik. Naviqasiya Müvəffəqiyyət Dərəcəmiz Z ədədi əsaslı yanaşma ilə qeyri-səlis məntiq vasitəsilə əldə etdiyimiz uğurlu ssenari tamamlanma faizini ölçür. Biz, həmçinin, Yol Dəqiqliyi metrikimizlə robotumuzun ideal yola yaxınlığını qiymətləndiririk və Maneələrdən yaxa qurtarma metrikası sistemin toqquşmaları minimuma endirərkən maneələri idarə etmək qabiliyyətini yoxlayır (Cədvəl 1) (7) (8).

Cədvəl 1. Müxtəlif parametrlər üzrə Z ədədinə əsaslanan naviqasiya arasında müqayisəli qiymətləndirmə təhlili.

Parametrlər	Z ədədinə əsaslanan naviqasiya vs vaxt	Z ədədinə əsaslanan naviqasiya sisteminin yol dəqiqliyi vs robot sürəti	Z ədədi əsaslı maneələrdən qaçma dəqiqliyi və dönmə dərəcəsi	Real vaxtda hesablama səmərəliliyi(ms) vs Z ədədinin etibarlılığı
1	12s vs 85%	7sm vs 0.5 m/s	90% vs 30` dönmə	12ms vs 95%
2	14s vs 88%	8sm vs 0.6 m/s	88% vs 45` dönmə	14ms vs 93%
3	11s vs 94%	6sm vs 0.4 m/s	92% vs 60` dönmə	11ms vs 97%
4	15s vs 85%	9sm vs 0.7 m/s	86% vs 75` dönmə	15ms vs 91%

Nəticə

Z-Ədədlərindən istifadə etməklə, ZNFL naviqasiyası dəqiq məlumatın olmadığı və ya ziddiyyətli məlumatların mövcud olduğu vəziyyətləri effektiv şəkildə idarə edə bilər. Təklif edilən metod linqvistik dəyişənlərlə bağlı qeyri-müəyyənliyi görür və mövcud imkanlar sırasını hesablayır.

Şübhəsiz ki, bu texniki sahədə fəal axtarışlar və inkişaf aparılır ki, bu da Z-ədədlərinin tətbiq edilməsilə nəzərdə tutulmuş müasir cihazların iş qabiliyyətinin yaxşılaşdırılmasında mühüm uğurlara gətirib çıxarır. Mövcud metodların və avadanlıqların təhlili bir sıra problemlərin mövcudluğunu göstərir ki, onların həlli naviqasiya sistemi kimi intellektual idarəetmə sistemlərində effektivliyi əhəmiyyətli dərəcədə artıracaqdır. Tədqiqat işində qarşıya qoyulmuş məsələlər uğurla tamamlanmış və istifadə edilən metodların effektivliyi artırılmışdır.

Ədəbiyyat

1. Kang, B., Bingyi, W., Li, D. and Deng, Y. (2012). A method of converting Z-number to classical fuzzy number. J. Inf. Comput. Sci., vol. 9, no. 3, pp. 703-709.
2. Zadeh, L. (2012). A note on Z-numbers. Inf. Sci., vol. 181, no. 14, pp.
3. Lutsenko, E.V. (2006). Intellektual'nye informatsionnye sistemy. Krasnodar.
4. Abiyev, R.H., Akkaya, N., Gunsel, I. (2019). Control of omnidirectional robot using a Z-number-based fuzzy system. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Syst., vol. 49, no. 1, pp. 238–252, Jan. 2019.
5. Abdelwahab, M., Parque, V., Fath Elbab, A.M.R., Abouelsoud, A.A., and Sugano, S. (2020). "Trajectory tracking of wheeled mobile robots using Z-number based fuzzy logic," IEEE Access, vol. 8, pp. 18426–18441.
6. Gardashova, L.A. (2014). Application of operational approaches to solving decision-making problem using Z-numbers. Appl. Math., vol. 5, no. 9, pp. 1323-1334.
7. Aydin, I., Tunç, and Söylemez, M.T. (2021). "Fuzzy logic controller for leader-follower based navigation of mobile robots in a ROS-enabled environment," in Proc. 13th Int. Conf. Electr. Electron. Eng. (ELECO), Nov. 2021, pp. 57–61, 2923–2932.
8. Dupre, M. and Yang, S.X. (2006). Two-stage fuzzy logic-based controller for mobile robot navigation, in Proc. Int. Conf. Mechatronics Autom., Jun.

Göndərildi: 01.05.2024

Qəbul edildi: 19.06.2024