



Review Paper

QƏRARVERMƏ PROSESİNDƏ MƏNTİQİ MODELLƏŞDİRMƏNİN NƏZƏRİ VƏ PRAKTİK ƏSASLARI

Gülzar Tahirli

<https://orcid.org/0009-0009-6118-1822>

Naxçıvan Dövlət Universiteti nəzdində Naxçıvan Dövlət Texniki Kolleci, Naxçıvan, Azərbaycan

Article history

Received: 02.10.2026

Revised: 09.10.2026

Accepted: 21.10.2026

*Corresponding Author: Gülzar

Tahirli, Naxçıvan Dövlət Universiteti

nəzdində Naxçıvan Dövlət Texniki

Kolleci, Naxçıvan, Azərbaycan

Email: tahirli gulnar007@gmail.com

Xülasə

Qərarvermə mühitlərində məlumatın natamam, ziddiyyətli və çoxmənəbli olması klassik riyazi üsulların tətbiqini məhdudlaşdırır. Məntiqi modelləşdirmə bu çətinliyi dəyişən dərəcəli mənsubiyyət, interval qiymətləndirmə və qeyri-müəyyən inanc strukturları vasitəsilə formallaşdırır. Belə yanaşma subyektiv qiymətləndirmələri ölçüləbilən göstəricilərə çevirir və alternativlər arasında məntiqi ardıcılıq yaratmağa imkan verir. Çoxmeyarlı qərarvermə üsullarının müqayisəli təhlili göstərir ki, metodun seçimi meyarların təbiətindən, məlumatın dəqiqlik səviyyəsindən və qərarvericilərin üstünlük strukturundan asılıdır. Praktiki baxımdan məntiqi modelləşdirmə alternativlərinin birbaşa müqayisəsinə, heterogen qiymətləndirmə semantikasının inteqrasiyasına və çoxmənəbli qeyri-müəyyənliyin modelləşdirilməsinə imkan yaradır. Hesitant (tərəddüdlü) qeyri-səlis çoxluqlar kimi genişləndirilmiş strukturlar ekspert rəylərindəki müxtəlifliyi itirmədən ümumi qərar meyarına çevirir. Qrup qərarverməsinə qarşılıqlı təsir amillərinin nəzərə alınması yalnız fərdi üstünlüklərin deyil, kollektiv razılaşmanın da nəticəyə təsirini ölçməyə şərait yaradır. Bu yanaşma fotovoltaiq stansiyaların yerləşdirilməsi kimi məkan və texniki meyarların birgə qiymətləndirilməsini tələb edən layihələrdə xüsusilə effektivdir. Həssaslıq təhlili modellərin davamlılığını yoxlayır, taksonomiyaya əsaslanan sistemlər isə uyğun metodun obyektiv seçilməsinə kömək edir. Qeyri-müəyyənlik yalnız ehtimalla deyil, məntiqi məhdudiyyətlər və prioritet strukturları ilə də ifadə olunduğundan, belə modellər müasir qərar dəstək sistemlərinin nəzəri təməlini gücləndirir. Böyük dil modellərinin qərar dəstəyinə daxil edilməsi isə məntiqi modelləşdirmənin gələcək inkişafı üçün yeni metodoloji suallar yaradır.

Açar sözlər: *məntiqi modelləşdirmə; çoxmeyarlı qərarvermə; qeyri-müəyyənlik; qeyri-səlis məntiq; həssaslıq təhlili*

GİRİŞ

Müasir idarəetmə, texniki layihələndirmə, ekoloji planlaşdırma və sosial-iqtisadi inkişaf sahələrində qərarvermə getdikcə mürəkkəbləşən prosesə çevrilir. Qərarvericinin qarşısında duran problem yalnız bir neçə alternativ arasından ən uyğun variantın seçilməsi deyil, həm də çoxsaylı meyarların, ziddiyyətli maraq qruplarının, natamam məlumatların və gələcək şərtlərin birgə nəzərə alınmasıdır. Belə şəraitdə dəqiqlik prinsipinə əsaslanan klassik yanaşmalar real vəziyyəti tam əks

etdirməkdə çətinlik yaradır. Çünki praktik mühitlərdə meyarların əhəmiyyəti, alternativlərin performansı və ekspert qiymətləndirmələri çox vaxt dəqiq rəqəmlərlə deyil, “yüksək”, “orta”, “nisbətən əhəmiyyətli” kimi dil ifadələri ilə verilir. Məhz bu səbəbdən məntiqi modelləşdirmə, xüsusilə qeyri-səlis məntiq və onun genişləndirilmiş formaları, çoxmeyarlı qərarvermənin nəzəri əsasını təşkil edən mühüm istiqamətə çevrilmişdir.

Qərarvermənin məntiqi modelləşdirilməsi ikiqiymətli məntiqin məhdudiyyətlərini aradan qaldırmağa yönəlir. Klassik məntiqdə ifadə ya doğru, ya da yanlış qiymətləndirilir; real həyatda isə çoxlu hadisə bu iki həddin arasında yerləşir. Məsələn, ərazinin su resursları baxımından “uyğun” sayılması yalnız suyun miqdarından deyil, keyfiyyətindən, mövsümi dəyişkənliyindən, infrastruktura yaxınlığından və ekoloji risklərdən də asılıdır. Qeyri-səlis məntiq elementin çoxluğa mənsubiyyət dərəcəsini ifadə etməyə imkan verir və bununla qərarvericinin subyektiv dəyərləndirməsini riyazi struktura çevirir. Bu yanaşma qeyri-müəyyənliyi aradan qaldırmağa çalışmır; əksinə, onu idarəolunan və təhlil edilə bilən formada modelləşdirir.

Məntiqi modelləşdirmənin nəzəri dəyəri onunla izah olunur ki, o, üç fərqli qeyri-müəyyənlik mənbəyini vahid çərçivədə birləşdirir. Birinci mənbə məlumatın natamamlığıdır: bəzi göstəricilər ölçülmədiyi və ya köhnəlmiş məlumata əsaslandığı üçün dəqiq qiymətləndirilə bilmir. İkinci mənbə dilin subyektivliyidir: ekspertlər eyni hadisəni fərqli şəkildə ifadə edə bilirlər. Üçüncü mənbə qərarvericilərin fərqli prioritetləridir: eyni alternativ bir qrup üçün üstün, digər qrup üçün isə məqbul olmaya bilər. Hesitant qeyri-səlis çoxluqların genişləndirilmiş formaları çoxmənbəli qeyri-müəyyənliyi bir neçə mümkün mənsubiyyət dərəcəsi ilə ifadə etməyə imkan yaradır (Li & Xu, 2024). Qeyri-müəyyənlik isə yalnız ehtimal hesablamaları ilə məhdudlaşmır; onun məntiqi məhdudiyyətlər, mümkünlük ölçüləri və qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə də modelləşdirilə biləcəyi göstərilir. Bu baxış məntiqi modelləşdirməni statistik modelləşdirmənin əvəzedicisi kimi deyil, onu tamamlayan yanaşma kimi dəyərləndirməyə imkan verir.

Çoxmeyarlı qərarvermə metodlarının inkişafı məntiqi modelləşdirmənin praktik əhəmiyyətini daha da artırmışdır. Müasir tədqiqatlarda bu üsullar üç kateqoriyaya ayrılır: meyara əsaslanan, alternativə əsaslanan və qarşılıqlı əlaqəyə əsaslanan yanaşmalar. Onların effektivliyi problem kontekstindən, məlumatın strukturundan və qərarvericilərin üstünlük sisteminin dəqiqliyindən asılıdır (Li et al., 2024). Buna görə universal metod axtarmaq əvəzinə, problemin xüsusiyyətlərinə uyğun metodun seçilməsi daha məqsəduyğundur (Cinelli et al., 2022).

Bu məqalənin məqsədi qərarvermə prosesində məntiqi modelləşdirmənin nəzəri əsaslarını, qeyri-müəyyən şəraitdə tətbiq imkanlarını və alternativlərin qiymətləndirilməsində rolunu təhlil



etməkdir. Növbəti bölmələrdə tədqiqatın metodologiyası, əsas istiqamətlərin təhlili və müzakirəsi, nəticə və tövsiyələr təqdim olunur.

METODOLOGİYA

Tədqiqat nəzəri-analitik xarakter daşıyır. Araşdırma qərar nəzəriyyəsi, çoxmeyarlı qərarvermə, qeyri-səlis məntiq, qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarların əsaslandırılması və həssaslıq təhlili ilə bağlı elmi ədəbiyyatın təhlilinə əsaslanır. Mənbələrin seçilməsində mövzuya uyğunluq, elmi etibarlılıq və nəşr tarixi əsas meyarlar kimi nəzərə alınmışdır. Təhlil 2022–2025-ci illərdə nəşr olunmuş 15 elmi mənbəyə əsaslanır.

Tədqiqatda elmi ədəbiyyatın təhlili, müqayisəli təhlil, konseptual ümumiləşdirmə və təsnifat metodlarından istifadə olunmuşdur. Müqayisəli təhlil vasitəsilə dəqiq rəqəmsal məlumatlara əsaslanan ənənəvi yanaşmalarla qeyri-səlis qiymətləndirmələri və ekspert rəylərini nəzərə alan modellərin xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Müqayisə meyarları kimi alternativlərin qiymətləndirilməsi, meyarların çəkiləndirilməsi, ekspert rəylərinin birləşdirilməsi və nəticələrin sabitliyi götürülmüşdür. Qeyri-müəyyənliyin təsiri ehtimal əsaslı yanaşmalar, qeyri-səlis çoxluqlar və qeyri-müəyyən qiymətləndirmələrin modelləşdirilməsi prinsipləri baxımından nəzəri müstəvidə müqayisə edilmişdir.

Son mərhələdə təhlil olunmuş yanaşmalar ümumiləşdirilmiş və onların tətbiq imkanları enerji, ekologiya, kənd təsərrüfatı və sənaye sahələrində qərarvermə problemləri ilə əlaqələndirilmişdir. Süni intellekt əsaslı qərar dəstəyi vasitələrinin imkanları və məhdudiyyətləri də ayrıca nəzərdən keçirilmişdir. Tədqiqatın metodoloji məhdudiyyəti ondan ibarətdir ki, nəticələr empirik eksperimentə və ya yeni toplanmış statistik məlumatlara deyil, ədəbiyyatın nəzəri təhlilinə əsaslanır. Buna görə əldə edilən ümumiləşdirmələr konkret qərarvermə problemlərində tətbiq edilərkən müvafiq məlumatlar və praktik yoxlama nəticələri ilə tamamlanmalıdır.

TƏHLİL VƏ MÜZAKİRƏ

Qeyri-müəyyənlik və qeyri-səlis modelləşdirmənin genişlənməsi

Qərarvermə prosesinin əsas çətinliyi ondan ibarətdir ki, real şəraitdə məlumatlar tam və dəqiq formada mövcud olmur. Qərarverici natamam göstəricilər, ziddiyyətli ekspert rəyləri və gələcək şərtlərin dəyişkənliyi ilə üzləşir. Bəzi hallarda hadisənin baş vermə ehtimalı məlum olsa da, nəticələrin dəyəri və meyarların əhəmiyyəti dəqiq müəyyənləşdirilə bilmir; digər hallarda isə məlumat mənbələri bir-birinə zidd olur. Belə şəraitdə prioritetlərin açıq formada müəyyənləşdirilməsi vacibdir, çünki eyni məlumat bazası fərqli prioritetlərə əsaslanaraq fərqli nəticələr verə bilər (Samin et al., 2022). Məntiqi məhdudiyyətlər, mümkünlük ölçüləri və qeyri-səlis çoxluqlar məlumatın natamamlığını aradan qaldırmır, lakin onu idarəolunan formaya salır (Badings et al., 2023).



Qeyri-səlis modelləşdirmə yalnız klassik qeyri-səlis çoxluqlar çərçivəsində qalmamışdır. İnterval tipli modellər qiymətləndirmənin aşağı və yuxarı sərhədlərini ifadə; hesitant strukturlar bir neçə mümkün qiyməti eyni anda saxlayır (Li & Xu, 2024); R-ədədləri isə daha geniş qeyri-müəyyənlik diapazonunu modelləşdirməyə imkan verir. Nəticədə məntiqi modelləşdirmə üç səviyyədə qərarverməni yenidən qurur: məlumatın təqdimatı dəqiq rəqəmlərdən interval, qeyri-səlis dəyər və dil qiymətləndirmələrinə keçir; meyarlar arasındakı asılılıqlar modelləşdirilir; qərarvericilərin fərdi rəyləri, qrup razılaşması və prioritetlərin dəyişkənliyi nəzərə alınır (Cheng et al., 2024; Li et al., 2024).

Meyarların seçilməsi və çəkiləndirilməsi

Meyarların düzgün seçilməsi nəticənin keyfiyyətini müəyyən edir. Meyarlar problemə uyğun seçilmədikdə model hesablama baxımından düzgün görünə, lakin praktik baxımdan mənasız nəticə verə bilər. Həddindən artıq çoxlu meyar modelin mürəkkəbliyini artırır və nəticələrin şərhini çətinləşdirir. Meyarların əhəmiyyəti isə bərabər deyil, ona görə çəkiləndirmə vacib mərhələdir: çəkilərin səhv təyin edilməsi alternativlərin sıralamasını dəyişə bilər. Bu risk xüsusilə texniki, iqtisadi və ekoloji meyarların birgə qiymətləndirildiyi ərazi seçimi problemlərində böyükdür.

Qeyri-səlis şəraitdə çəkilərin dəqiq rəqəmlərlə verilməsi həmişə mümkün olmur, çünki ekspertlər eyni meyarın əhəmiyyətini fərqli qiymətləndirə bilərlər. İnterval tipli qeyri-səlis modellər qiymətləndirməni nöqtə kimi deyil, interval kimi ifadə edərək bu fərqliliyi nəzərə almağa imkan yaradır və meyarların nisbi əhəmiyyətini daha elastik əks etdirir (Gölcük et al., 2022). Çəkiləndirmədə meyarlar arasındakı əlaqələr də nəzərə alınmalıdır: məsələn, infrastrukturun inkişafı iqtisadi səmərəliliyə təsir edə bilər, ekoloji risk isə ərazinin uzunmüddətli istifadə imkanlarını məhdudlaşdırır bilər. Qarşılıqlı təsir amillərinin modelləşdirilməsi hər meyarı ayrıca qiymətləndirməkdən doğan çatışmazlığı azaldır (Cheng et al., 2024). Eyni zamanda ekspertlərin seçimi, onların səlahiyyətlərinin müəyyənəşdirilməsi, məlumatın normallaşdırılması və müxtəlif ölçü vahidlərinin uyğunlaşdırılması da metodoloji baxımdan vacibdir.

Alternativlərin qiymətləndirilməsi

Ənənəvi yanaşmalarda alternativlər adətən ideal variantdan uzaqlıq və ya yaxınlıq prinsipinə əsasən sıralanır. Bu üsul sadədir, lakin alternativlər arasındakı real fərqi həmişə tam göstərmir. Alternativ-alternativ müqayisəsinə əsaslanan modellər iki alternativni eyni meyarlar üzrə birbaşa qiymətləndirir və üstünlük münasibətini aydın göstərir; bu yanaşma alternativlərin sayı az, göstəriciləri isə bir-birinə yaxın olduqda xüsusilə səmərəlidir, çünki orta göstəricilər fərqləri gizlədə bilər (Biswas et al., 2022). İnterval qiymətli intuisiionist qeyri-səlis dəyərlər üçün xal funksiyası və



xal matrisi əsasında qurulan modellər isə qeyri-dəqiq qiymətləndirmələrdən sıralama almağa imkan yaradır .

Heterogen məlumatların olması qiymətləndirməni çətinləşdirir. Məsələn, enerji stansiyasının yerləşdirilməsində elektrik şəbəkəsinə məsafə rəqəmlə ölçülə bilər, ərazinin ekoloji həssaslığı və sosial qəbul edilməsi isə çox vaxt ekspert rəylərinə əsaslanır. İnteqrasiya olunmuş çoxatributlu qrup qərarvermə modelləri fərqli ölçü vahidlərinə malik göstəriciləri vahid qərar strukturuna çevirməyə imkan verir (Wan et al., 2024). Konseptual layihələndirmə və texnoloji dizayn qərarlarında isə rəqəmsal göstəricilərlə yanaşı, dizayn prinsipləri, istifadəçi tələbləri və texniki məhdudiyyətlər də nəzərə alınmalıdır. Müxtəlif dəqiqlik səviyyələrinə malik qiymətləndirmə semantikalarının birləşdirilməsi və qeyri-müəyyən inanc strukturları ekspertin yalnız qiymətini deyil, həm də öz qiymətləndirməsinə nə dərəcədə əmin olduğunu modelə daxil edir.

Qrup qərarverməsinin xüsusiyyətləri

Qrup qərarvermə fərdi qərarvermədən daha mürəkkəbdir, çünki ekspertlərin təcrübəsi, bilik səviyyəsi və maraq dairəsi fərqlidir. Buna görə onların rəyləri sadə orta hesablama ilə birləşdirilə bilməz: belə yanaşma güclü və əsaslandırılmış rəyləri zəiflədə bilər. Fikir müxtəlifliyi problem deyil, mühüm məlumat mənbəyidir, lakin bu müxtəliflik idarə olunmalıdır. İki səviyyəli çoxatributlu qrup qərarvermə modelləri qarşılıqlı təsir amillərini, meyarlar arasındakı asılılıqları və qrup razılaşmasını nəzərə alaraq fərdi qiymətləndirmələri və qrup səviyyəsindəki uzlaşmanı birgə təhlil edir (Cheng et al., 2024). Hesitant qeyri-səlis strukturlar isə eyni alternativin müxtəlif ekspertlər tərəfindən fərqli qiymətləndirildiyi hallarda bir neçə mümkün qiyməti saxlayaraq fikir müxtəlifliyini itirmir. Konsensus bütün fikirlərin tam bərabərləşməsi demək deyil; azlıqda qalan, lakin əsaslandırılmış rəy də nəticəyə təsir göstərə bilməlidir.

Metod seçimi və uyğunluq problemi

Çoxmeyarlı qərarvermə üsullarının sayı artdıqca metod seçimi çətinləşir. Hər metod özünün fərziyyələrinə, hesablama qaydasına və məlumat tələbinə malikdir, eyni problem fərqli metodlarla həll olunduqda isə fərqli nəticələr alın bilər. Metod seçimində məlumatın xarakteri, meyarların və alternativlərin sayı, qrup qərarverməsinin tələb olunması və nəticələrin davamlılığı nəzərə alınmalıdır: dəqiq rəqəmlə məlumat üçün klassik üsullar yararlı ola bilər, qeyri-səlis və dil ifadələrinə əsaslanan məlumat üçün məntiqi modelləşdirmə daha uyğundur, alternativlər az olduqda isə birbaşa müqayisə üsulları səmərəlidir (Li et al., 2024). Taksonomiyaya əsaslanan qərar dəstək sistemləri problemin xüsusiyyətlərinə, məlumat strukturuna və istifadəçi tələblərinə görə uyğun metodu tövsiyə edərək seçimi vərdişə əsaslanan prosesdən elmi əsaslı qərara çevirir və nəticələrin təkraroluna bilənliyini artırır (Cinelli et al., 2022).



Həssaslıq təhlilinin əhəmiyyəti

Modelin etibarlılığı yalnız ilkin hesablamaların düzgünlüyü ilə ölçülmür; nəticələrin giriş məlumatlarının, meyar çəkirlərinin və qiymətləndirmə miqyasının dəyişməsinə necə reaksiya verdiyi də araşdırılmalıdır. Həssaslıq təhlili məhz bu məqsədlə tətbiq olunur. Kiçik dəyişiklik nəticəni kəskin dəyişirsə, modelin davamlılığı aşağı sayılır və nəticələr ehtiyatla şərh edilməlidir; nəticələr sabit qalırsa, model daha etibarlı hesab olunur. Həssaslıq təhlili həm də hansı meyarın nəticəyə ən çox təsir etdiyini göstərərək resursların hansı istiqamətdə cəmləşdirilməli olduğunu müəyyənləşdirməyə kömək edir; məsələn, ekoloji risk meyarının təsiri güclüdirsə, bu riskin azaldılması üçün xüsusi tədbirlər görülməlidir. Bununla qərarverici yalnız yekun sıralamanı deyil, həm də nəticənin hansı şərtlər daxilində etibarlı olduğunu görür, bu isə qərarların şəffaflığını və müdafiə oluna bilənliyini artırır (Demir et al., 2024).

Praktik tətbiq sahələri

Məntiqi modelləşdirmə enerji, sənaye, ekologiya, kənd təsərrüfatı və şəhər planlaşdırması kimi sahələrdə tətbiq olunur. Günəş enerjisi stansiyasının yerləşdirilməsi zamanı günəş radiasiyası, relyef, torpaq örtüyü, şəbəkəyə yaxınlıq, infrastruktur və ekoloji həssaslıq birgə nəzərə alınmalıdır; bu meyarların bir hissəsi rəqəmlə ölçülür, digər hissəsi ekspert qiymətləndirməsinə əsaslanır. Sənaye obyektlərinin və istehsal sahələrinin planlaşdırılmasında logistika, təhlükəsizlik, əmək məsrəfləri və texnoloji əlaqələr nəzərə alınır; interval tipli modellər burada meyarların əhəmiyyətini daha real ifadə edir (Gölcük et al., 2022). Torpaq münasibətinin qiymətləndirilməsi, su ehtiyatlarının idarə edilməsi, bitki mühafizəsi strategiyalarının seçilməsi və ekoloji risklərin qiymətləndirilməsi kimi ekoloji və aqrar məsələlərdə dəqiq ölçülən məlumatlarla ekspert müşahidələri vahid qiymətləndirmə strukturunda birləşdirilir (Nezhad Shahmohammad et al., 2024; Wan et al., 2024).

Məntiqi modelləşdirmənin güclü tərəfi şəffaflıqla yanaşı adaptivliyidir: model yeni məlumatlar daxil olduqca yenilənə, meyarların əhəmiyyəti dəyişə, alternativlərin siyahısı genişlənə bilər. Bu, iqlim dəyişmələrinin təsiri altında olan ərazilər və ya bazar şəraitinin tez dəyişdiyi layihələr kimi dinamik mühitlərdə xüsusilə vacibdir. Dinamik çoxmeyarlı qərarvermədə alternativlər haqqında öyrənilmiş biliyin nəzərə alınması bu istiqamətdə əlavə imkanlar yaradır (Yang et al., 2025). Qeyri-müəyyənlik şəraitində modellər prioritetlərin dəyişməsinə uyğunlaşmalı və nəticələrin mümkün ssenarilər üzrə təhlilini təqdim etməlidir.

Süni intellekt ilə integrasiya

Böyük dil modelləri mətn şəklində verilən ekspert rəylərini təhlil etmək, alternativ təsvirləri strukturlaşdırmaq və izahedici məlumat yaratmaq imkanı verir, bu da qərarvermə prosesini sürətləndirə bilər. Lakin bu texnologiyalar yeni risklər də doğurur: cavabların etibarlılığı, məlumat



mənbələrinin şəffaflığı və qərarvericinin kritik qiymətləndirmə qabiliyyəti daha da önəmlənir. Süni intellekt yalnız dəstək vasitəsi olmalı, yekun qərarı isə insan qəbul etməlidir (Handler et al., 2024). Qeyri-səlis modellər qeyri-müəyyənliyi strukturlaşdırır, süni intellekt isə böyük həcmli məlumatın təhlilinə kömək edir; bu birləşmə qərarverməni daha çevik və izahedici edə bilər, lakin bunun üçün modelin şəffaflığı və nəticələrin yoxlanması vacib şərt olaraq qalır.

NƏTİCƏ

Qərarvermə prosesi müasir şəraitdə yalnız bir neçə variantın müqayisəsinə əsaslanan sadə fəaliyyət kimi qəbul oluna bilməz. Tədqiqat göstərdi ki, ikiqiymətli məntiq real qərarvermə şəraitini tam əks etdirmir, qeyri-səlis məntiq və onun genişlənmiş formaları isə qeyri-müəyyənliyi aradan qaldırmadan onu ölçüləbilən və təhlil edilə bilən formaya salır.

Çoxmeyarlı qərarvermədə universal metod yoxdur; metodun seçimi meyarların təbiətindən, məlumatın dəqiqlik səviyyəsindən, alternativlərin sayından və qrup qərarverməsinin tələbindən asılıdır. Meyarların düzgün çəkiləndirilməsi, heterogen məlumatların inteqrasiyası, alternativlərin birbaşa müqayisəsi və qrup razılaşmasının nəzərə alınması nəticələrin keyfiyyətini müəyyən edir. Həssaslıq təhlili isə nəticələrin davamlılığını yoxlayır və qərarın hansı şərtlər daxilində etibarlı olduğunu göstərir.

Məntiqi modelləşdirmə enerji, sənaye, ekoloji və aqrar sahələrdə xüsusilə əhəmiyyətlidir, çünki dəqiq ölçülən göstəriciləri ekspert qiymətləndirmələri ilə vahid strukturda birləşdirir. Gələcəkdə onun süni intellekt və böyük dil modelləri ilə inteqrasiyası qərarverməni daha sürətli, çevik və izahedici edə bilər; lakin bu zaman nəticələrin yoxlanması və insanın kritik qiymətləndirmə rolunun saxlanması vacib şərt olaraq qalır.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

- 1.Badings, T., Simão, T. D., Suilen, M., & Jansen, N. (2023). Decision-making under uncertainty: Beyond probabilities. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 25, 375–391. <https://doi.org/10.1007/s10009-023-00704-3>
- 2.Biswas, A., Baranwal, G., & Tripathi, A. K. (2022). ABAC: Alternative by alternative comparison based multi-criteria decision making method. *Expert Systems with Applications*, 208, Article 118174. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118174>
- 3.Chen, S.-M., & Hsu, M.-H. (2023). Multiple attribute decision making based on novel score function of interval-valued intuitionistic fuzzy values, score matrix, and nonlinear



- programming model. Information Sciences, 645, Article 119332. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.119332>
- 4.Cheng, R., Fan, J., Wu, M., & Seiti, H. (2024). A dual-level multi-attribute group decision-making model considering interaction factors based on CCSD and MARCOS methods with R-numbers. Expert Systems with Applications, 243, Article 122839. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122839>
- 5.Cinelli, M., Kadziński, M., Miebs, G., Gonzalez, M., & Słowiński, R. (2022). Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. European Journal of Operational Research, 302(2), 633–651. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.01.011>
- 6.Demir, G., Chatterjee, P., & Pamučar, D. (2024). Sensitivity analysis in multi-criteria decision making: A state-of-the-art research perspective using bibliometric analysis. Expert Systems with Applications, 237, Article 121660. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121660>
- 7.Gölcük, İ., Durmaz, E. D., & Şahin, R. (2022). Interval type-2 fuzzy development of FUCOM and activity relationship charts along with MARCOS for facilities layout evaluation. Applied Soft Computing, 128, Article 109414. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109414>
- 8.Handler, A., Larsen, K. R., & Hackathorn, R. (2024). Large language models present new questions for decision support. International Journal of Information Management, 79, Article 102811. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102811>
- 9.Jing, L., Zhang, H., Dou, Y., Feng, D., Jia, W., & Jiang, S. (2024). Conceptual design decision-making considering multigranularity heterogeneous evaluation semantics with uncertain beliefs. Expert Systems with Applications, 244, Article 122963. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122963>
- 10.Li, L., & Xu, Y. (2024). An extended hesitant fuzzy set for modeling multi-source uncertainty and its applications in multiple-attribute decision-making. Expert Systems with Applications, 238, Article 121834. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121834>
- 11.Li, Y., He, X., Martínez, L., Zhang, J., Wang, D., & Liu, X. A. (2024). Comparative analysis of three categories of multi-criteria decision-making methods. Expert Systems with Applications, 238, Article 121824. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121824>
- 12.Nezhad Shahmohammad, F., Pourrahimian, Y., & Akbari-Gharalari, N. (2024). Synthesizing complexity: Trends, challenges, and future directions in fuzzy-based multicriteria decision-making (FMCDM) methods. Applied Soft Computing, 167, Article 112362. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.112362>



13. Samin, H., Bencomo, N., & Sawyer, P. (2022). Decision-making under uncertainty: Be aware of your priorities. *Software and Systems Modeling*, 21, 2213–2242. <https://doi.org/10.1007/s10270-021-00956-0>
14. Wan, S.-P., Wu, H., & Dong, J.-Y. (2024). An integrated method for complex heterogeneous multi-attribute group decision-making and application to photovoltaic power station site selection. *Expert Systems with Applications*, 242, Article 122456. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122456>
15. Yang, S., Liao, H., & Wu, X. (2025). Prescriptive analytics for dynamic multi-criterion decision making considering learned knowledge of alternatives. *Expert Systems with Applications*, 263, Article 126350. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.126350>

ABSTRACT

THE THEORETICAL AND PRACTICAL FOUNDATIONS OF LOGICAL MODELING IN THE DECISION-MAKING PROCESS

Gulnar Tahirli

Nakhchivan State Technical College under Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan

In decision-making environments, incomplete, contradictory, and multi-source information limits the applicability of conventional mathematical methods. Logical modeling formalizes this difficulty through graded membership, interval evaluation, and uncertain belief structures. This approach converts subjective assessments into measurable indicators and makes it possible to establish a logical ranking of alternatives. A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods shows that the choice of method depends on the nature of the criteria, the level of data precision, and the preference structure of decision-makers. In practical terms, logical modeling enables direct comparison of alternatives, integration of heterogeneous evaluation semantics, and modeling of multi-source uncertainty. Extended structures such as hesitant fuzzy sets transform expert opinions into a general decision criterion without losing their diversity. In group decision-making, accounting for interaction factors allows the influence of collective agreement, and not only individual preferences, to be measured. This approach is particularly effective in projects that require joint evaluation of spatial and technical criteria, such as photovoltaic power station site selection. Sensitivity analysis verifies model robustness by clarifying how changes in criteria weights and input data affect the results, while taxonomy-based systems support the objective identification of an appropriate method. Since uncertainty is expressed not only through probability but also through logical constraints and priority structures, such models strengthen the theoretical foundation of modern decision support systems. Integrating large language models into decision support raises new methodological questions for the future development of logical modeling.

Keywords: *logical modeling; multi-criteria decision-making; uncertainty; fuzzy logic; sensitivity analysis*



АННОТАЦИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Гульнар Тахирли

Нахчыванский государственный технический колледж при Нахчыванском
государственном университете, Нахчыван, Азербайджан

В условиях принятия решений неполнота, противоречивость и многоисточниковость информации ограничивают применение традиционных математических методов. Логическое моделирование формализует эту проблему с помощью градуированной принадлежности, интервальных оценок и структур неопределённых убеждений. Такой подход преобразует субъективные оценки в измеримые показатели и позволяет установить логическую упорядоченность альтернатив. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений показывает, что выбор метода зависит от природы критериев, уровня точности данных и структуры предпочтений лиц, принимающих решения. С практической точки зрения логическое моделирование позволяет проводить прямое сравнение альтернатив, интегрировать разнородную семантику оценок и моделировать многоисточниковую неопределённость. Расширенные структуры, такие как колеблющиеся (hesitant) нечёткие множества, преобразуют мнения экспертов в обобщённый критерий решения без потери их разнообразия. В групповом принятии решений учёт факторов взаимодействия позволяет измерить влияние не только индивидуальных предпочтений, но и коллективного согласия. Этот подход особенно эффективен в проектах, требующих совместной оценки пространственных и технических критериев, например при выборе площадки для фотоэлектрических станций. Анализ чувствительности проверяет устойчивость моделей, выявляя влияние изменений весов критериев и входных данных на результат, а таксономические системы способствуют объективному определению подходящего метода. Поскольку неопределённость выражается не только вероятностью, но и логическими ограничениями и структурами приоритетов, такие модели укрепляют теоретическую основу современных систем поддержки принятия решений. Интеграция больших языковых моделей в поддержку решений ставит новые методологические вопросы для дальнейшего развития логического моделирования.

Ключевые слова: логическое моделирование; многокритериальное принятие решений; неопределённость; нечёткая логика; анализ чувствительности

