

**Դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի հիման վրա  
օգտատիրոջ ապագա կարիքները կանխատեսող ինտելեկտուալ համակարգի  
մշակման խնդրի ձևակերպում**

*Վարդանյան Հայարփի,  
Սահակյան Ռուստամ*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2026.1ns-82>

***Հանգուցային բառեր.** ռեակտիվ ազենտներ, պրոակտիվ ազենտներ, մուլտիմոդալ  
ուսուցում, վարքագծային մոդելավորում, դինամիկ մոդել, օգտատիրոջ մոդելավորում*

**Նախաբան**

Ժամանակակից թվային էկոհամակարգերում մարդու և մեքենայի փոխազդեցու-  
թյունը դեռևս կրում է «հարցում-պատասխան» ավանդական բնույթը: Չնայած արհես-  
տական բանականության (AI) բուռն զարգացմանը, թվային գործիքների համար օգ-  
տատիրոջ կողմից կարիքների ձևակերպումը շարունակում է շատ ժամանակ պահանջել:

Մեծ լեզվական մոդելների (LLM) վրա հիմնված գործակալները (agent) բարդ  
խնդիրների լուծման գործընթացում ցուցաբերում են բարձր արդյունավետություն:  
Այդուհանդերձ, այդպիսի համակարգերի մեծ մասը հիմնականում պահպանում է  
ռեակտիվ (reactive) բնույթ, ինչը էապես սահմանափակում է դրանց արդյունավետու-  
թյունը այնպիսի սցենարներում, որոնք պահանջում են կանխատեսողական վերլուծու-  
թյուն և ինքնուրույն որոշումների կայացում:

Սույն հոդվածում ներկայացվում է դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի  
հիման վրա օգտատիրոջ ապագա կարիքները կանխատեսող ինտելեկտուալ համա-  
կարգի մշակման խնդրի ձևակերպումը: Առաջարկվող մոտեցումը հիմնված է դինամիկ  
մուլտիմոդալ թվային կերպարի վրա, որն ինտեգրում է օգտատիրոջ վարքային, կոն-  
տեքստային և էմոցիոնալ տվյալները: Ի տարբերություն ռեակտիվ համակարգերի,  
որոնց դեպքում գործողությունը հետևում է հարցմանը, դիտարկվող մոտեցումը հնա-  
րավորություն է տալիս կանխատեսել կարիքը մինչև նրա ձևակերպումը:

**Արդիականություն**

Արհեստական բանականության համակարգերի արագ զարգացման ֆոնին ժա-  
մանակակից թվային տեխնոլոգիաներն ավելի խորն են ներթափանցում մարդկային  
կյանքի տարբեր ոլորտներ: Ինֆորմացիայի ստացման, ծառայությունների կառավար-  
ման, կրթության և առողջապահության ոլորտներում AI-ի կիրառումը մեծացրել է ան-  
հատականացված (personalization) բովանդակության պահանջը, ինչն իր հերթին ան-  
հրաժեշտ է դարձրել օգտատերերի մոդելավորման և պրոֆիլավորման առաջադեմ  
մեթոդների կիրառումը: Այս մեթոդները նպատակ ունեն կառուցել օգտատերերի  
ճշգրիտ պատկերներ՝ հիմնվելով այն հսկայական տվյալների և տեղեկությունների  
վրա, որոնք գեներացվում են այդ համակարգերի հետ փոխազդեցությունների արդ-  
յունքում [12]: Չնայած այս առաջընթացին՝ գոյություն ունեցող համակարգերի ճնշող  
մեծամասնությունը գործում է ռեակտիվ (reactive) սկզբունքով. օգտատիրոջ հարցմանը  
արձագանքում են, երբ կարիքն արդեն ձևակերպված է: Նման մոտեցումը հանգեցնում  
է ժամանակի կորստի՝ պահանջի ձևակերպման և արդյունքի ստացման գործըն-

թացնե՞րում, ինչը սահմանափակում է համակարգերի ինտելեկտուալ ներուժը: Ուստի, ռեակտիվ համակարգերից անցումը դեպի պրոակտիվ (proactive) և կանխատեսելի (anticipatory) համակարգեր դառնում է տեխնոլոգիական զարգացման հրամայական, որը հնարավորություն կտա պարզեցնել ոչ միայն մարդ-մեքենա փոխհարաբերությունը, այլև ապահովել օգտատերերի կարիքների բավարարումը մինչ դրանց բացահայտ ձևակերպումը:

### ***Նպատակ***

Սույն աշխատանքի նպատակն է ներկայացնել դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի վրա հիմնված օգտատիրոջ ապագա կարիքները կանխատեսող ինտելեկտուալ համակարգի մշակման խնդիրը:

Որպես հետազոտության օբյեկտ դիտարկվում են պրոակտիվ ազենտների (գործակալների) և օգտատերերի միջև փոխազդեցության գործընթացները ժամանակակից թվային միջավայրում, իսկ ուսումնասիրության առարկան օգտատիրոջ ապագա կարիքների կանխատեսմանը միտված ինտելեկտուալ համակարգերի մշակումն ու իրականացումն է հիմնված դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի վրա:

### ***Հետազոտության գիտական նորույթի հիմնավորում***

Հետազոտության գիտական նորույթը հետևյալն է.

1. կիրառվում է կառուցվածքային ընդլայնման մոտեցում, որն ապահովում է օգտատիրոջ վարքագծային, համատեքստային և ներքին վիճակի տվյալների բազմաշերտ սինթեզ: Այն հնարավորություն է տալիս հաղթահարել ավանդական մոտեցումների սահմանափակումները, որտեղ անտեսվում է օգտատիրոջ ներքին վիճակի ուղղակի ազդեցությունը կարիքների ձևավորման վրա,

2. առաջարկվող մոտեցման շրջանակում օգտատիրոջ կարիքների կանխատեսումը դիտարկում է որպես անձի բազմաշերտ, դինամիկ թվային կերպարի շարունակական թարմացման գործընթաց, որտեղ վարքագծային, համատեքստային և էմոցիոնալ բաղադրիչները փոխկապակցված են և հիմք են հանդիսանում կանխատեսման համար,

3. ներկայացվում է «հարցում-պատասխան» ռեակտիվ պարադիգմից կանխատեսողական-պրոակտիվ փոխազդեցության անցման հայեցակարգային մոդել, որն IDEFO ֆունկցիոնալ մոդելավորման նոտացիայի հիման վրա ինտեգրում է մուլտիմոդալ ուսուցման, վարքագծային մոդելավորման և օգտատիրոջ թվային կերպարի ձևավորման մոտեցումները մեկ կոհերենտ ֆունկցիոնալ ճարտարապետությունում:

### ***1. Առարկայական ոլորտի ուսումնասիրություն***

#### ***1.1 Ռեակտիվ և պրոակտիվ ազենտներ***

Մեծ լեզվական մոդելների (LLM) ի հայտ գալը զգալիորեն առաջ մղեց ինքնավար գործակալների զարգացումը: Այդպիսի գործակալները կարող են հասկանալ մարդկային հրահանգները, կազմել պլաններ, հետազոտել միջավայրը և օգտագործել գործիքներ՝ բարդ առաջադրանքներ կատարելու համար: Արդյունքում օգտատիրոջ հարցմանը արձագանքելու և պատասխան տրամադրելու համար դրանք հիմնականում գործում են ռեակտիվ սկզբունքով:

Ռեակտիվ ազենտները սովորաբար սպասում են օգտատիրոջ հստակ հրամաններին, ինչը կարող է հանգեցնել անարդյունավետության, երբ առաջադրանքների բարդությունն աճում է [10]:

Ի տարբերություն ռեակտիվ ազենտի, պրոակտիվ ազենտը չի սպասում, որ որևէ բան տեղի ունենա: Այն վերլուծում է օրինաչափությունները, հաշվի է առնում կոն-

տեքստը և փորձում է կանխատեսել, թե օգտատերը ինչի կարիք կարող է ունենալ հաջորդ պահին, այնուհետև համապատասխան գործողություն է կատարում [8]:

Ստորև ներկայացված է ռեակտիվ և պրոակտիվ ազենտների հիմնական հատկանիշների համեմատական վերլուծությունը:

**Աղյուսակ 1**

**Ռեակտիվ և պրոակտիվ ազենտների համամատական վերլուծություն [8]**

| <b>Հատկանիշ</b>                       | <b>Ռեակտիվ AI ազենտներ</b>  | <b>Պրոակտիվ AI ազենտներ</b>  |
|---------------------------------------|---|--|
| Գործողության սկիզբ                    | Գործում է միայն կոնկրետ ազդակի կամ մուտքային տվյալների ստացումից հետո:  | Գործում է մինչև ազդակի առաջացումը՝ հիմնվելով կանխատեսումների կամ կոնտեքստի վրա:                |
| Հիշողություն և կոնտեքստ               | Չի օգտագործում հիշողություն և հաշվի չի առնում նախկին վարքագիծը կամ միջավայրը:   | Օգտագործում է նախկին տվյալները, ընթացիկ կոնտեքստը և երբեմն նաև օգտատիրոջ պատմությունը:         |
| Որոշումների ընդունման տրամաբանություն | Պարզ, կանոնների վրա հիմնված կամ մոդելի վրա հիմնված որոշումներ, որոնք կապված են տվյալ պահին ստացված մուտքային տվյալների հետ: | Նպատակին ուղղված որոշումներ, որոնք ձևավորվում են ուսուցանված օրինաչափությունների ազդեցությամբ: |
| Ուսուցանվելու կարողություն            | Սովորաբար ստատիկ է: Կարող է օգտագործել նախապես ուսուցված մոդելներ:  | Շարունակաբար ուսուցանվում է տվյալներից, արձագանքներից և արդյունքներից:                         |
| Արագություն և պարզություն             | Արագ է և քիչ ռեսուրսներ է պահանջում: Հարմար է պարզ խնդիրների համար:   | Ավելի դանդաղ և բարդ է: Պահանջում է ավելի շատ հաշվարկային ռեսուրսներ և տվյալներ:                |

Բնչպես երևում է վերոնշյալ վերլուծությունից, պրոակտիվ ազենտի արդյունավետությունը անմիջականորեն կախված է օգտատիրոջ կոնտեքստի և վարքագծի ճշգրիտ ըմբռնումից: Նետևաբար, կանխատեսողական համակարգի հիմքում պետք է ընկած լինի օգտատիրոջ դինամիկ, շարունակաբար թարմացվող մոդելը, որը հանդիսանում է նրա թվային կերպարը:

**1.2.Թվային կերպար**

Թվային անձն (Digital Persona) անհատի մոդել է, որը ստեղծվում է այդ անձի մասին տվյալների հավաքագրման, պահպանման և վերլուծության միջոցով [5]:

Նման կերպարի կառուցման համար կարևոր է հստակ սահմանել հիմնական հասկացությունները՝ օգտատիրոջ պրոֆիլ, մոդել, պրոֆիլավորում և մոդելավորում:

Դիտարկենք ուսումնասիրվող հասկացություններին առնչվող յուրաքանչյուր նշանակալի տերմինի հետ կապված մեկնաբանությունները:

### 1. *Օգտատիրոջ պրոֆիլը (User profile)*

- յուրաքանչյուր անհատ օգտատիրոջ նախասիրությունների ներկայացումն է, որի միջոցով որոնողական համակարգը պետք է գործի մեկ կամ մի քանի նպատակների ուղղությամբ՝ ինքնավար կերպով իրականացնելով օգտատիրոջ դրված նպատակները [2],
- օգտատիրոջ վարքագծի, հետաքրքրությունների, բնութագրերի և նախասիրությունների նկարագրությունն է, որն ստացվել է հարցազրույցների և հարցաթերթիկների միջոցով կամ դինամիկ կերպով՝ մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների և տվյալների արդյունահանման (data mining) մեթոդների կիրառմամբ [6],
- օգտատիրոջը նկարագրող տեղեկությունների համախումբ է, որը բաղկացած է ժողովրդագրական տվյալներից, ինչպիսիք են օգտատիրոջ անունը, տարիքը, երկիրը և կրթության մակարդակը, որոնք ներկայացնում են մեկ օգտատիրոջ կամ օգտատերերի խմբի նախասիրություններն ու հետաքրքրությունները [11]:

### 2. *Օգտատիրոջ մոդելը (User model)*

- տվյալների կառուցվածք է, որն օգտագործվում է անհատ օգտատիրոջն առնչվող հատուկ բնութագրերը որսալու համար [12],
- օգտատերերի գիտելիքների և նախասիրությունների ներկայացումն է. այն ծրագրային ապահովման պարտադիր մաս չէ, բայց օգնում է համակարգին ավելի լավ ապասարկել օգտատիրոջը: Օգտատիրոջ կամ օգտագործման օրինաչափության մասին պահպանված ցանկացած տեղեկություն չի համարվում օգտատիրոջ մոդել, քանի դեռ այն չի կարող օգտագործվել օգտատիրոջ վերաբերյալ որոշակի հստակ ենթադրությունն ստանալու համար [1]:

### 3. *Օգտատիրոջ պրոֆիլավորումը (User profiling)*

- օգտատերերի հատկանիշների ձեռքբերման, արդյունահանման և ներկայացման գործընթաց է [12],
- գեներացված տվյալներից անհատի հետաքրքրությունների, անհատականության գծերի կամ վարքագծի վերհանման գործընթացն է [4]:

### 4. *Օգտատիրոջ մոդելավորումը (User modeling)*

- օգտատիրոջ հետաքրքրությունների մասին տեղեկատվության հավաքագրման, ինչպես նաև օգտատիրոջ պրոֆիլների կառուցման, պահպանման և օգտագործման գործընթացն է [9]:
- օգտատիրոջ պրոֆիլի ձեռքբերման գործընթաց է, որն իրենից ներկայացնում է անհատականացված առաջարկությունների համակարգերի համար օգտատիրոջ հայեցակարգային ընկալում: Հիմնական զաղափարն է սովորել յուրաքանչյուր օգտատիրոջ ներկայացումը՝ օգտագործելով այն օբյեկտները կամ այդ օբյեկտների հատկանիշները, որոնց հետ օգտատերը փոխազդել է [12]:

Վերոնշյալ հասկացությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ օգտատիրոջ պրոֆիլը և մոդելը հիմնականում արտացոլում են ստատիկ բնութագրեր՝ ժողովրդագրական տվյալներ, նախասիրություններ, հայտնի հետաքրքրություններ: Սակայն պրոակտիվ կանխատեսողական համակարգի համար ստատիկ պատկերը բավարար չէ. անհրաժեշտ է նաև հասկանալ, թե ինչպես է օգտատերն իրականում վարվում և իրեն դրսևորում ժամանակի ընթացքում: Հենց այստեղ է, որ առաջին պլան է մղվում օգտատիրոջ վարքագծային մոդելավորումը, որն ուղղված է ոչ թե «ով է» օգտատերը, այլ «ինչ է անում» հարցին:

## **Օգտատիրոջ վարքագծային մոդելավորում**

Օգտատիրոջ վարքագծի ուսումնասիրությունը զգալիորեն զարգացել է՝ ներառելով մոդելավորման մի շարք բարդ մեթոդներ, որոնք ապահովում են օգտատիրոջ վարքագծի ավելի խորը ըմբռնում տարբեր համատեքստերում:

*Միկրո և մակրո վարքագծի մոդելավորում.* Միկրո վարքագծի մոդելավորումը վերաբերում է օգտատիրոջ կողմից իրականացված անմիջական գործողությունների վերլուծությանը, որոնք արտացոլում են նրա կարճաժամկետ նախասիրությունները: Այս գործողությունները կարող են ներառել սեղմումները (clicks), դիտումները, ինչպես նաև վեբ էջի կամ հավելվածի կոնկրետ բաղադրիչների հետ փոխազդեցությունները: Մյուս կողմից, մակրո վարքագծի մոդելավորումը դիտարկում է լայնածավալ գործողությունները, ինչպիսիք են գնումների պատմությունը կամ բաժանորդագրությունների թարմացումները:

*Multi-behavior մոդելավորում.* Այս մոտեցումն ինտեգրում է օգտատիրոջ և օբյեկտների միջև փոխազդեցության տարբեր ձևերը: Multi-behavior մոդելավորումն ընդունում է, որ օգտատերերը հաճախ հարթակների հետ փոխազդում են բազմաթիվ ձևերով (օրինակ՝ սեղմելով, ընտրվածների մեջ ավելացնելով, կարծիք գրելով, գնում կատարելով և այլն), և այդ վարքագծերից յուրաքանչյուրը կարող է արժեքավոր պատկերացումներ տալ նրանց նախասիրությունների ու մտադրությունների մասին [11]:

### *1.3. Մուլտիմոդալ ուսուցում*

Մուլտիմոդալ ուսուցումը արհեստական բանականության բարդ մոտեցում է, որը սովորեցնում է ալգորիթմներին մշակել, հասկանալ և համադրել տվյալների տարբեր տեսակներից կամ «մոդալություններից» ստացված տեղեկատվությունը: Ի տարբերություն ավանդական համակարգերի, որոնք մասնագիտանում են մեկ տեսակի մուտքային տվյալների վրա (օրինակ՝ տեքստը թարգմանության համար կամ պիքսելները՝ պատկերների ճանաչման համար), մուլտիմոդալ ուսուցումը նմանակում է մարդկային ճանաչողությանը՝ ինտեգրելով տարբեր զգայական մուտքային տվյալներ, ինչպիսիք են տեսողական տվյալները, խոսքային ատլիոձայնագրությունները, տեքստային նկարագրությունները և տվիչների (սենսորների) ցուցմունքները: Այս ամբողջական մոտեցումը մեքենայական ուսուցման մոդելներին թույլ է տալիս զարգացնել աշխարհի ավելի խորը և համատեքստային ընկալում, ինչը հանգեցնում է ավելի հուսալի և ունիվերսալ կանխատեսումների:

Մուլտիմոդալ ուսուցման հիմնական խնդիրն է տարբեր տեսակի տվյալները վերածել ընդհանուր մաթեմատիկական տարածության, որտեղ դրանք կարելի է համեմատել [3]:

Դա անալոգն է նրա, թե ինչպես է մեր ուղեղը ինտեգրում տարբեր զգայարաններից ստացված տեղեկատվությունը՝ աշխարհի ամբողջական պատկերը ստեղծելու համար:

Գոյություն ունեն տարբեր մոդալություններից ստացված տեղեկատվության միավորման մի քանի հիմնական ռազմավարություններ.

1. *վաղ ինտեգրում (Early Fusion)* – յուրաքանչյուր մոդալությունից ստացված չմշակված կամ մասնակի մշակված տվյալների միավորում նախքան վերլուծության հիմնական փուլը:

2. *ուշ ինտեգրում (Late Fusion)* – յուրաքանչյուր մոդալության համար անկախ մոդելների արդյունքների ստեղծում և միավորում:

3. *հիբրիդային ինտեգրում (Hybrid Fusion)* - վաղ և ուշ ինտեգրման համակցում ստաբիլ մակարդակներում [7]:

Այսպիսով՝ մուլտիմոդալ ուսուցումը կիրառվում է ամենատարբեր ոլորտներում, որտեղ կարևոր է հաշվի առնել տեղեկատվության ոչ թե մեկ, այլ միանգամից մի քանի աղբյուր:

Մուլտիմոդալ ուսուցման կիրառումը հնարավոր է դարձնում օգտատիրոջ վարքային, կոնտեքստային և էմոցիոնալ տվյալների համադրումը, ինչն էլ հիմք է հանդիսանում դինամիկ թվային կերպարի ձևավորման համար:

### 2. *Առաջարկվող ինֆորմացիոն համակարգի ֆունկցիոնալ մոդել*

Նկար 1-ում բերված արդյունքները արտացոլում են առաջարկվող համակարգի ամբողջական կառուցվածքը:

Նկար 1-ում ներկայացված է օգտատիրոջ գործողությունների և ընթացիկ վիճակի վերաբերյալ տվյալների հիման վրա թվային կերպարի ստեղծման և հետագա քայլերի կանխատեսման գործընթացի ֆունկցիոնալ մոդելը: Որպես մուտքային տվյալներ օգտագործվում են օգտատիրոջ չմշակված տվյալները: Հավաքագրված նախնական տեղեկատվությունը փոխանցվում է հաջորդ փուլ, որտեղ տվյալները պատրաստվում են հատուկ մեթոդաբանությամբ, որպեսզի կիրառելի դառնան կանխատեսող մոդելավորման համար: Տվյալների մշակմանը հաջորդում է օգտատիրոջ դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի ստեղծումը, որը հանդիսանում է օգտատիրոջ վիրտուալ կրկնօրինակը և անընդհատ թարմացվում է: Այնուհետև այդ կերպարի և հավաքագրված բազայի հիման վրա իրականացվում է ուսուցում՝ հաշվի առնելով որակի գնահատման հիմնական մետրիկաները:

Վերջնական փուլում ուսուցանված մոդելի և ձևավորված կերպարի համադրմամբ ձևակերպվում է կանխատեսումը, որը թույլ է տալիս սահմանել օգտատիրոջ հաջորդ հավանական գործողությունը:

### 3. *Խնդրի դրվածքի հստակեցում*

Հիմք ընդունելով ֆունկցիոնալ մոդելի վերը նշված նկարագրությունը՝ առաջարկվում է խնդրի դրվածք, որի համար հիմք կլինի [10]-ը:

Պրոակտիվ ագենտի (proactive agent) գործառույթն է իրականացնել կանխատեսումներ՝ հիմնվելով օգտատիրոջ  $A$ : գործունեության, շրջակա միջավայրի  $E$ : իրադարձությունների և  $S$ : վիճակի վրա, ինչը կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ.

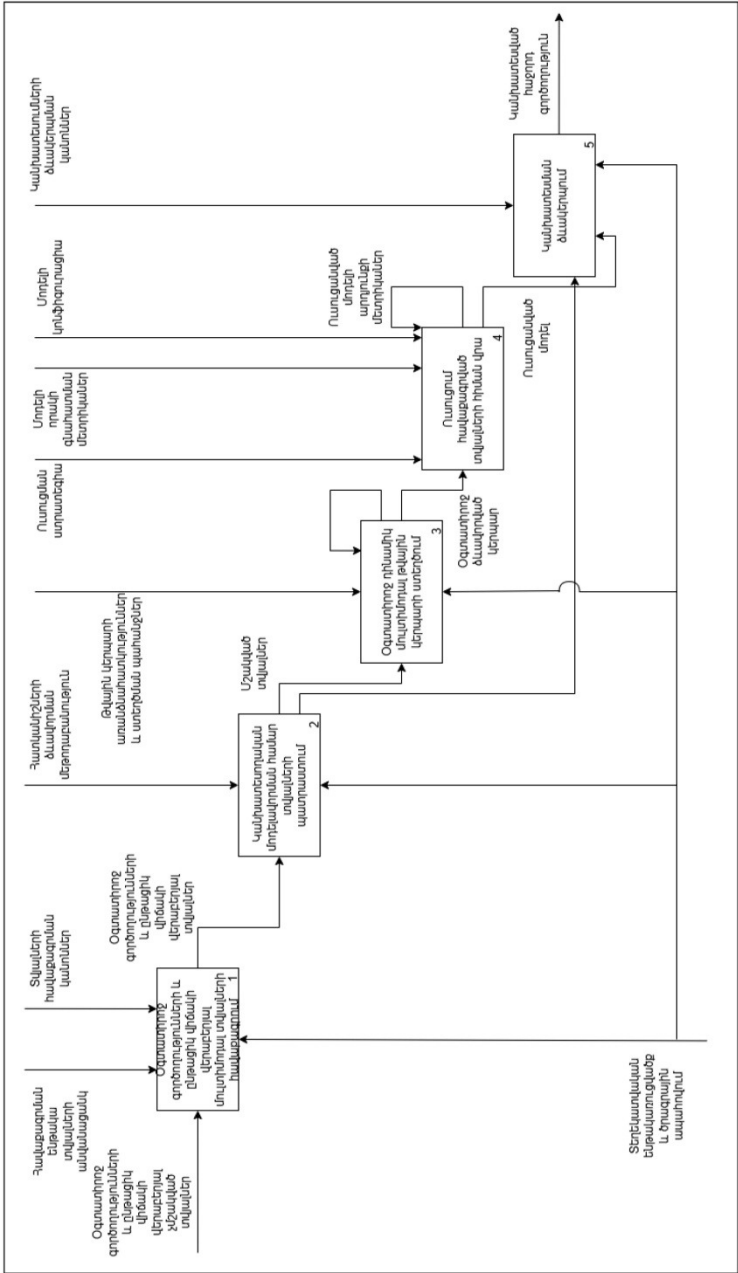
$$P_t = f_t(E_t, A_t, S_t),$$

որտեղ  $f_t$ -ն ներկայացնում է պրոակտիվ ագենտին, իսկ  $P_t$ -ն նշանակում է  $t$  պահին հնարավոր առաջադրանքի կանխատեսումը: Հարկ է նշել, որ  $P_t$  կանխատեսումը կարող է լինել կա մ կանխատեսելի առաջադրանք, կա մ դատարկ արժեք, եթե ագենտը գտնում է, որ որևէ առաջադրանքի անհրաժեշտություն չկա:

Օգտատիրոջ  $A_t$  գործունեությունը ներառում է օգտատիրոջ փոխազդեցությունը շրջակա միջավայրի և ագենտի հետ, ինչպիսիք են մուտքագրումը ստեղծաշարով կամ ագենտի հետ զրույցը:

Շրջակա միջավայրի  $E_t$  իրադարձությունները պարունակում են ագենտի կողմից արձանագրված իրադարձություններ՝ նոր նամակ ստանալուց մինչև հավելվածի փակում:

Առաջարկվող համակարգի ֆունկցիոնալ մոդել (IDEFO նոտացիա, A0 մակարդակ)



Շրջակա միջավայրի  $S_t$  վիճակը արտացոլում է ընթացիկ միջավայրի վիճակը, օրինակ ֆայլային համակարգի վիճակը կամ բացված վեբ էջերի բովանդակությունը:

Պրոակտիվ ազենտի օգտագործման նպատակն է առավելագույնի հասցնել առաջարկվող առաջադրանքների նկատմամբ օգտատիրոջ կողմից ընդունման ցուցանիշը (acceptance rate): Հիմնվելով օգտատիրոջ  $A_t$  գործունեության, շրջակա միջավայրի  $S_t$  ընթացիկ վիճակի և ազենտի կողմից առաջարկված  $P_t$  կանխատեսման վրա՝ օգտատերը կայացնում է երկուական (binary) որոշում.

$$R_t = g(P_t, A_t, S_t),$$

որտեղ  $R_t$ -ն երկուական փոփոխական է, որը ցույց է տալիս կանխատեսման ընդունումը ( $R_t = 1$ ) կամ մերժումը ( $R_t = 0$ ): Որպեսզի միավորենք այն դեպքերը, երբ  $P_t$  կանխատեսումը չի պարունակում առաջադրանք և երբ այն պարունակում է որևէ առաջադրանք, ներմուծվում է օժանդակ փոփոխական ( $N_t$ ), որը ցույց է տալիս, թե արդյոք օգտատիրոջը անհրաժեշտ է աջակցություն.

- $N_t = 1$ , եթե օգտատիրոջը անհրաժեշտ է աջակցություն.
- $N_t = 0$ , եթե օգտատիրոջը աջակցություն անհրաժեշտ չէ:

Օգտատիրոջ ընդունման  $R_t$  որոշումը, սահմանվում է հետևյալ կերպ.

$$R_t = \begin{cases} 1, & \text{եթե } (P_t \neq \emptyset \text{ և } \text{օգտատերը ընդունում է } P_t) \text{ կամ } (P_t = \emptyset \text{ և } N_t = 0) \\ 0, & \text{հակառակ դեպքում} \end{cases}$$

Այսպիսով, եթե  $P_t$  կանխատեսումը առաջադրանք չի պարունակում (այսինքն՝ ազենտը կարծում է, որ օգտատիրոջն աջակցություն հարկավոր չէ), ստուգվում է օգտատիրոջ աջակցության իրական կարիքը՝  $N_t$ : Եթե օգտատիրոջն իրոք աջակցություն հարկավոր չէ ( $N_t = 0$ ), ապա դա գրանցվում է որպես ընդունում ( $R_t = 1$ ): Հակառակ դեպքում, եթե օգտատիրոջն անհրաժեշտ է աջակցություն ( $N_t = 1$ ), ապա դա գրանցվում է որպես մերժում ( $R_t = 0$ ): Պրոակտիվ ազենտի նպատակն է առավելագույնի հասցնել առաջարկվող առաջադրանքների ընդունման ապավող ցուցանիշը [10].

$$\max_{\theta} E[R_t]:$$

Այսպիսով [10]-ում ներկայացված մոդելը ձևակերպում է պրոակտիվ ազենտի կանխատեսումը որպես  $P_t = f_{\theta}(E_t, A_t, S_t)$ : Այդուհանդերձ, այն չի ներառում օգտատիրոջ ներքին վիճակի (emotional state, cognitive load) ներկայացումը, ինչը կարող է սահմանափակել կանխատեսման ճշգրտությունը:

Նշված բացը լրացնելու համար առաջարկվում է ներմուծել նոր վիճակ՝  $U_t$  (User State), որն ինտեգրում է 3 բաղադրիչ.

$$U_t = (U_b, U_c, U_e),$$

որտեղ՝

- $U_b$  – վարքագծային (behavioral) տվյալներ (սեղմումներ (clicks), նավիգացիա և այլն),
  - $U_c$  – կոնտեքստային (contextual) տվյալներ (ժամ, սարք, վայր),
  - $U_e$  – էմոցիոնալ (emotional) ազդանշաններ (ձայնի տոն, ընդմիջումների դիֆոմ):
- Այս դեպքում կանխատեսման ֆունկցիան կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ.

$$P_t = f_{\theta}(E_t, A_t, S_t, U_t):$$

Ֆունկցիայի այս ընդլայնված տարբերակը հնարավորություն կտա կատարել կանխատեսումներ՝ հաշվի առնելով նաև, թե «ինչ վիճակում է» օգտատերը, ինչը կարող է բարձրացնել կանխատեսման ճշգրտությունը:

## Եզրակացություն

Սույն աշխատանքում ներկայացվել է օգտատիրոջ ապագա կարիքները կանխատեսող ինտելեկտուալ համակարգի խնդրի ձևակերպումը, որը հիմնված է դինամիկ մուլտիմոդալ թվային կերպարի վրա: Առարկայական ոլորտի ուսումնասիրությունը հնարավոր դարձրեց հստակ տարանջատել ռեակտիվ և պրոակտիվ ագենտների հիմնական հատկանիշները՝ ցույց տալով, որ կանխատեսողական համակարգի կառուցման անհրաժեշտ նախապայմանն է օգտատիրոջ խորը և բազմաշերտ ճանաչումը:

Հետազոտության ընթացքում հիմնավորվել է, որ օգտատիրոջ պրոֆիլի և մոդելի գոյություն ունեցող հասկացությունները, լինելով հիմնականում ստատիկ բնույթի, բավարար չեն պրոակտիվ կանխատեսման համար: Ի լրումն դրանց՝ անհրաժեշտ է վարքագծային մոդելավորման դինամիկ մոտեցումների կիրառումը, որոնք ընդգրկում են միկրո և մակրո մակարդակների, ինչպես նաև multi-behavior փոխազդեցությունների վերլուծությունը:

Ներկայացված վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ռեակտիվ «հարցում-պատասխան» պարադիգմից անցումը դեպի կանխատեսողական, պրոակտիվ փոխազդեցություն հնարավոր է պայմանով, որ համակարգն ունենա օգտատիրոջ բազմաչափ, շարունակաբար թարմացվող թվային կերպար: Քանի որ ավանդական ստատիկ մոդելները չեն հարմարվում թվային տիրույթի արագ փոփոխություններին, առաջարկվում է անցում կատարել վարքագծային բազմաշերտ մոդելավորմանը՝ կանխատեսումների ճշգրտությունը բարձրացնելու նպատակով: Նման մոտեցումն ունի կիրառական նշանակություն կրթության, առողջապահության, տեղեկատվական ծառայությունների և անհատականացված համակարգերի ոլորտներում:

Հետագա ուսումնասիրությունները կնվիրվեն ներկայացված մոդելի հիման վրա համակարգի մշակմանը և բազմաոլորտ սվայների հիման վրա դրա կիրառական վավերացմանը:

**DOI:** <https://doi.org/10.58726/27382923-2026.1ns-82>

## Գրականություն

1. Al Seraj M.S. A Survey on User Modeling in HCI // *Computer Applications: An International Journal*, 2018, Vol. 5, No. 1, pp. 21–28. doi:10.5121/caij.2018.5102. URL: <http://airccse.com/caij/papers/5118caij02.pdf>
2. Amato G., Straccia U. *User Profile Modeling and Applications to Digital Libraries // Research and Advanced Technology for Digital Libraries*, Vol. 1696, Springer Berlin Heidelberg, 1999, pp. 184–197. doi:10.1007/3-540-48155-9\_13. URL: [http://link.springer.com/10.1007/3-540-48155-9\\_13](http://link.springer.com/10.1007/3-540-48155-9_13)
3. Baltrusaitis T., Ahuja C., & Morency L. P. Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(2), pp. 423–443. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2798607>
4. Chen W., Gu Y., Ren Z., He X., Xie H., Guo T., Yin D., Zhang Y. Semi-supervised User Profiling with Heterogeneous Graph Attention Networks. *Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Macao, China, 2019, pp. 2116–2122. doi: <https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/293>. URL <https://www.ijcai.org/proceedings/2019/293>
5. Clarke R. Digital Persona, URL: <https://www.rogerclarke.com/DV/DigPersona.html>

6. Godoy D., Amandi A. User profiling in personal information agents: a survey. The Knowledge Engineering Review, 2005, Vol. 20, No. 4, pp. 329-361. doi:10.1017/S0269888906000397.
7. Jiao T., Guo C., Feng X., Chen Y., & Song, J. A comprehensive survey on deep learning multi-modal fusion: Methods, technologies and applications. *Computers, Materials & Continua*, 80 (1), 2024, pp. 1-35. <https://doi.org/10.32604/cmc.2024.053204> (hуuuu-  
uᵗjᵗ 08.03.2026)
8. Jonwal S. Reactive vs Proactive AI Agents: Key Differences Explained. Young Urban Project (Artificial Intelligence), 2025. URL: <https://www.youngurbanproject.com/reactive-vs-proactive-ai-agents/>
9. Kim S., Lee N., Kim D., Yang M., Park C. Task Relation-aware Continual User Representation Learning // Proceedings of the 29<sup>th</sup> ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '23, New York, NY, USA, 2023, pp. 1107-1119. doi:10.1145/3580305.3599516. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3580305.3599516>
10. Lu Y., Yang S., Qian C. et al. Proactive Agent: Shifting LLM Agents from Reactive Responses to Active Assistance. URL: <https://arxiv.org/abs/2410.12361>
11. Ouafoutouh S., Zellou A., Idri A. User profile model: A user Dimension-based classification, 10<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA), Rabat, 2015, pp. 1-5. IEEE. doi:10.1109/SITA.2015.7358378.
12. Purificato E., Boratto L., De Luca E.W. User Modeling and User Profiling: A Comprehensive Survey // Doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.09660>

## **Постановка задачи разработки интеллектуальной системы прогнозирования будущих потребностей пользователя на основе динамического мультимодального цифрового образа**

***Варданын Айарпи***

***Саакян Рустам***

### **Резюме**

***Ключевые слова:** реактивные агенты, проактивные агенты, мультимодальное обучение, поведенческое моделирование, динамическая модель, моделирование пользователя*

В настоящей работе представлена постановка задачи интеллектуальной системы прогнозирования будущих потребностей пользователя, основанной на динамическом мультимодальном цифровом образе. Изучение предметной области позволило чётко разграничить ключевые характеристики реактивных и проактивных агентов, показав, что необходимым условием построения прогностической системы является глубокое и многоуровневое знание о пользователе.

В ходе исследования было обосновано, что существующие концепции профиля и модели пользователя, носящие преимущественно статический характер, недостаточны для проактивного прогнозирования. Помимо них, необходимо применение динамических подходов к поведенческому моделированию, охватывающих анализ взаимодействий на микро- и макроуровнях, а также взаимодействий типа multi-behavior.

Представленный анализ показывает, что переход от реактивной парадигмы «запрос–ответ» к прогностическому, проактивному взаимодействию возможен при

условии, что система располагает многомерным, непрерывно обновляемым цифровым образом пользователя. Поскольку традиционные статические модели не адаптируются к быстрым изменениям цифровой среды, предлагается перейти к многоуровневому поведенческому моделированию с целью повышения точности прогнозов. Данный подход имеет прикладное значение в сферах образования, здравоохранения, информационных услуг и персонализированных систем.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке системы на основе представленной модели и её прикладной валидации на основе многодоменных данных.

## **Problem Formulation for the Development of an Intelligent System for Predicting Future User Needs Based on a Dynamic Multimodal Digital Persona**

*Vardanyan Hayarpi  
Saakyan Rustam*

### **Summary**

**Key words:** *reactive agents, proactive agents, multimodal learning, behavioral modeling, dynamic model, user modeling*

This paper presents the problem formulation of an intelligent system for predicting future user needs, based on a dynamic multimodal digital persona. The study of the subject domain made it possible to clearly distinguish the key characteristics of reactive and proactive agents, demonstrating that a deep and multi-layered understanding of the user is a necessary precondition for building a predictive system.

In the course of the research, it was substantiated that existing concepts of user profiles and models, being predominantly static in nature, are insufficient for proactive prediction. In addition to these, it is necessary to apply dynamic approaches to behavioral modeling, encompassing the analysis of micro- and macro-level interactions as well as multi-behavior interactions.

The presented analysis demonstrates that the transition from the reactive “request–response” paradigm toward predictive, proactive interaction is achievable, provided that the system possesses a multidimensional, continuously updated digital persona of the user. Since traditional static models do not adapt to the rapid changes of the digital domain, a transition to multilayered behavioral modeling is proposed in order to enhance the accuracy of predictions. This approach holds applied significance in the fields of education, healthcare, information services, and personalized systems.

Future research will focus on the development of a system based on the proposed model and its applied validation using multi-domain data.

Ներկայացվել է 01. 04. 2026 թ.  
Գրախոսվել է 01. 25. 2026 թ.  
Ընդունվել է տպագրության 27. 05. 2026 թ.