

ԿԱՐՄԻՔ

Ե.13.04 «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ներկայացված Միքայել Սամվելյանի «Խորքային բազմագործակալ ամրապնդմամբ ուսուցման արդյունավետ մեթոդների մշակում և գնահատում» թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ

Ս. Սամվելյանի ատենախոսությունը նվիրված է բարդ բազմագործակալ միջավայրերի համար արդյունավետ ամրապնդմամբ ուսուցման (ԲԱՈւ) մեթոդների մշակմանը և գնահատմանը: Այդ նպատակին հասնելու համար հեղինակի ձևակերպմամբ դիտարկված են հետևյալ խնդիրները.

1. Մշակել արդյունավետ ԲԱՈւ մեթոդ, որը թույլ է տալիս լիարժեքորեն օգտագործել կենտրոնացված մարզման հնարավորությունը՝ անհատ գործակալների ապակենտրոնացված ռազմավարություններ մշակելու համար:

2. Ստեղծել հենանիշ (benchmark) միջավայր համագործակցային ԲԱՈւ մեթոդների համար, որը թույլ կտա գնահատել և համեմատել վերջիններիս արդյունավետությունները և մատնանշել դրանց թերությունները:

3. Մշակել ԲԱՈւ մեթոդ, որը թույլ կտա ապակենտրոնացված գործակալներին իրականացնել միջավայրի լայնածավալ համակարգված ուսումնասիրություն:

Աշխատանքում զարգացված մեթոդները փաստացի ներդրված են, որովհետև անցել են փորձարկում Օբսֆորդի համալսարանի նմանատիպ ուսումնասիրություններով զբաղվող հետազոտական խմբում:

Աշխատանքի հետ մանրամասն ծանոթանալուց հետո կարծում եմ, որ անհրաժեշտ է ճշգրտել դիտարկված նպատակը և խնդիրները: Մեր սլատկերացումով աշխատանքի բուն նպատակն է կառուցել ԲԱՈւ մեթոդների արդյունավետության վերլուծության միջավայր / հարթակ, որը բացի նրանից, որ ապահովում է մեթոդների արդյունավետության միասնական վերլուծությունը ու համեմատումը, նաև հնարավորություն է տալիս, կատարելով ինտերակտիվ եղանակով որոշակի փոփոխություններ, համակցել / կոմբինացնել արդեն գոյություն ունեցող մեթոդները նոր մեթոդի շրջանակում: Սա իր հերթին բերում է, փաստորեն, աղբյուր մեթոդների առավելությունների միավորմանը մեկ մեթոդի մեջ: Այսպիսով, ապահովվում է մեթոդի դինամիկ կատարելագործման եղանակ ամեն նոր խնդիրը դիտարկելու ժամանակ: Որպես մոդելային խնդիր միջավայրի համար, աշխատանքում դիտարկված է StarCraft II ռազմավարական խաղը, որին կարելի է հետագայում ավելացնել նոր խնդիրներ՝ առանց միջավայրի որևէ էական փոփոխության:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացությունից և օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 116 էջ:

Գլուխ 1-ը ծառայում է որպես ակնարկ, որտեղ ամփոփվում են ատենախոսության համար անհրաժեշտ մեքենայական ուսուցման ենթադրոտները: Համապատասխանորեն՝

- 1.1 **Էնթազուխը** ներկայացնում է ամրապնդմամբ ուսուցման (ԱՌ) / Reinforcement Learning խնդիրը, տալիս վերջինիս մաթեմատիկական ձևակերպումը և նկարագրում լուծման հայտնի մեթոդները:
- 1.2 **Էնթազուխը** խորքային ուսուցման (Deep Learning) մասին է: Ենթազլխում նկարագրվում են խորքային արհեստական նեյրոնային ցանցերը, դրանց մարզման մեթոդները և այլն:
- 1.3 **Էնթազուխը** ներկայացնում է խորքային ԱՌ (Deep Reinforcement Learning) մեթոդները, որոնք օգտագործում են խորքային արհեստական նեյրոնային ցանցեր ԱՌ խնդիրների լուծման համար:
- 1.4 **Էնթազլխում** նկարագրված են համագործակցային բազմագործակալ ԱՌ (ԲԱՌ) (Multi-Agent Reinforcement Learning) խնդիրը և վերջինիս լուծման ժամանակակից մեթոդները:

Գլուխ 2-ը նվիրված է ատենախոսության շրջանակներում մշակված QMIX մեթոդին, որը թույլ է տալիս լուծել ԲԱՌ խնդիրը մասնակի դիտարկելի միջավայրերում, որտեղ անհատ գործակալները պետք է գործեն ապակենտրոնացված կերպով՝ ընդհանուր նպատակին հասնելու համար:

- 2.1 **Էնթազուխը**, որը ծառայում է որպես գլխի նախաբան, ներկայացնում է ԲԱՌ-ում առկա սպտիական խնդիրներից մեկը՝ թե ինչպես ներկայացնել գործակալների համատեղ Q-ֆունկցիան, և ինչու են գոյություն ունեցող մեթոդները սահմանափակ նշված խնդրի պատճառով: Ենթազլխում նաև հակիրճ ներկայացվում են QMIX մեթոդի առանձնահատկությունները:
- 2.2 **Էնթազուխը** ներկայացնում է մեթոդին առնչվող աշխատանքները (Related Work): Այստեղ ներկայացվում են գոյություն ունեցող ԲԱՌ մեթոդները և մատնանշվում վերջիններիս սահմանափակումները:
- 2.3 **Էնթազլխում** տրվում է մշակված մեթոդի մանրակրկիտ նկարագրությունը, և մատնանշվում են վերջինիս առավելությունները գոյություն ունեցող ԲԱՌ մեթոդների նկատմամբ: Նկարագրվում է, թե ինչպես է QMIX-ի ճարտարապետությունը թույլ տալիս մշակել համատեղ Q-ֆունկցիաների ավելի հարուստ դաս, որը կարող է ֆակտորացվել որպես անհատ գործակալների ոչ գծային համադրություն: Նաև տրվում է QMIX մեթոդի պսևդոկոդը: Նկարագրվում են QMIX-ի ածանցյալ մեթոդներ, որոնք օգտագործվում են QMIX-ի առանձին մասերի կարևորությունը գնահատելու համար:
- 2.4 **Էնթազլխում** ներկայացվում են QMIX-ի և գոյություն ունեցող այլ մեթոդների ցույց տված արդյունքները՝ պարզ երկբայլ մատրիցային խաղի վրա: QMIX-ը, համատեղ Q-ֆունկցիաների հարուստ դաս ներկայացնելու շնորհիվ, կարողանում է մշակել ներկայինիս հետ համեմատ ավելի ու ավելի արդյունավետ ռազմավարություններ, մինչդեռ գոյություն ունեցող մեթոդները այդ ճկունությունը չունեն:
- 2.5 **Էնթազլխում** նկարագրվում է ապակենտրոնացված StarCraft II-ի միկրոդեկավարման խնդիրը, որի օգնությամբ գնահատվելու է QMIX-ի արդյունավետությունը գոյություն ունեցող մեթոդների նկատմամբ:

- 2.6 **Ենթագլխում** ներկայացվում են QMIX մեթոդի և այլ ԲԱՈւ մեթոդների լայնածավալ փորձարկումների արդյունքներն՝ օգտագործելով StarCraft II միջավայրը: Ներկայացված են ուսուցման կորերի գրաֆիկները, որոնք հաստատում են QMIX-ի զգալի առավելությունը մյուս մեթոդների նկատմամբ և՛ ուսուցման արագությամբ, և՛ վերջնական արդյունքով: Բացի այդ ներկայացված են QMIX-ի ածանցյալ մեթոդների արդյունքներ, որոնք հաստատում են, որ և՛ Q-արժեքների ոչ գծային համադրությունը, և՛ միջավայրի վիճակի մասին հավելյալ ինֆորմացիան անհրաժեշտ են QMIX-ին:
- 2.7 **Ենթագլխում** տրված է գլխի հակիրճ ամփոփումը:

Աշխատանքի **Երրորդ գլխում** նկարագրվում է ատենախոսության շրջանակներում նախագծված և մշակված SMAC հենանիշ (benchmark) միջավայրը՝ նախատեսված ԲԱՈւ մեթոդների արդյունավետությունը գնահատելու համար:

- 3.1 **Ենթագլուխը**, որը ծառայում է որպես գլխի նախաբան, ներկայացնում է բազում գործակալներ պարունակող մասնակի դիտարկելի ԲԱՈւ հենանիշ ստեղծելու անհրաժեշտությունը և արդիականությունը:
- 3.2 **Ենթագլուխը** ներկայացնում է SMAC հենանիշին առնչվող աշխատանքները: Այստեղ ներկայացվում են գոյություն ունեցող ԲԱՈւ հենանիշերը և մատնանշվում վերջիններիս սահմանափակումները:
- 3.3 **Ենթագլուխը** ներկայացնում է PyMAREL ծրագրային համակարգը՝ նախատեսված ԲԱՈւ մեթոդներ մշակելու ու փորձարկելու համար, որը սլարունակում է ժամանակակից մի շարք ԲԱՈւ մեթոդների իրականացում Python լեզվով:
- 3.4 **Ենթագլխում** նկարագրված է SMAC միջավայրը: Սանրակրկիտ ներկայացված են գործակալների դիտարկումները, գործողությունների բազմությունները, սլարգնատրման ֆունկցիան և 14 տարատեսակ սցենարները: Ներկայացված են իրական բազմագործակալ համակարգերի և SMAC-ի ընդհանուր առանձնահատկությունները:
- 3.5 **Ենթագլխում** ամփոփված է SMAC հենանիշի կիրառման մեթոդաբանությունը:
- 3.6 **Ենթագլուխը** պարունակում է SMAC-ի միջավայրի օգնությամբ ստացված լայնածավալ փորձարարական արդյունքներ, որոնք գնահատում են գոյություն ունեցող ԲԱՈւ ալգորիթմների արդյունավետությունները: Արդյունքները փաստում են, որ QMIX մեթոդը ցույց է տալիս առավել լավ արդյունք այլ մեթոդների համեմատ և՛ ուսուցման արագությամբ, և՛ վերջնական արդյունքով:
- 3.7 **Ենթագլխում** տրված է գլխի հակիրճ ամփոփումը:

Չորրորդ գլուխում նկարագրվում է MAVEN մեթոդը՝ նախատեսված բազմագործակալ միջավայրերի համակարգված ուսումնասիրություն (coordinate exploration) իրականացնելու համար:

- 4.1 **Ենթագլուխը**, որը ծառայում է որպես գլխի նախաբան, ներկայացնում է ԲԱՈւ խնդիրներում միջավայրի համակարգված և երկարատև ուսումնասիրման անհրաժեշտությունը, ինչը ժամակակից ԲԱՈւ մեթոդները չեն իրականացնում:
- 4.2 **Ենթագլուխը** ներկայացնում է MAVEN մեթոդը: Այստեղ սլարգաբանվում է, թե ինչպես է համակարգվում միջավայրի ուսումնասիրությունն անհատ

գործակալների միջև, և ինչպես է ապահովվում փորձնական գործողությունների երկարատև իրականացումը: Տրված է մեթոդի պսևդոկոդը:

4.3 ենթագլխում նկարագրվում են փորձարարական արդյունքներ, որոնք հաստատում են MAVEN մեթոդի առավելությունը այլ ԲԱՈւ մեթոդների նկատմամբ: Օգտագործելով պարզ *m*-բայանի մատրիցային խաղ՝ ցույց է տրվում, որ MAVEN մեթոդը համակարգված ուսումնասիրություն կատարելու արդյունքում կարողանում է ուսանել ավելի արդյունավետ ռազմավարություն, մինչդեռ QMIX մեթոդին դա անել չի հաջողվում: Բացի այդ, փորձարկումներն օգտագործելով՝ SMAC հեռանկիչ միջավայրի գերբարդ սցենարները ցույց են տալիս, որ MAVEN-ին հաջողվում է գերազանցել գոյություն ունեցող մեթոդների արդյունքները:

4.4 ենթագլուխը ներկայացնում է MAVEN-ին առնչվող աշխատանքները: Ամփոփվում են միագործակալ և բազմագործակալ ԱՈւ մեթոդներում կիրառվող միջավայրի ուսումնասիրության մեթոդները:

4.5 ենթագլխում ամփոփվում է գլուխ 4-ը և հակիրճ շարադրվում են հետագա հետազոտությունների նպատակները:

Եթե դիտակել խնդրի ներկայիս աղբյուր դրվածքը, ապա առաջարկված լուծումների բազմության ամփոփ և արդյունավետ լինելու հետ կապված բազմաթիվ հարցեր են ծագում, օրինակ, որն է այդ տիրույթը, որտեղ առաջարկված մեթոդները ամենաարդյունավետն են, ինչու են ընտրված այս և ոչ ուրիշ հիմքային մեթոդները, ինչու է ընտրվել այս մոդելային խնդիրը և այլն:

Մինևույն ժամանակ, եթե դիտարկել սույն գրախոսությունում առաջարկված դրվածքը, շեշտը դնելով իսկապես «աշխատանքի մեխը» հանդիսացող միջավայրի / հարթակի վրա, ապա կարելի ասել, որ ստացված արդյունքները, բացի նոր լինելուց, լրակատար պատասխանում են հետազոտման լրիվության և ամփոփ լինելու բոլոր հարցերին, իսկ վերը նշված հարցերը դառնում են պարզապես ուղենիշներ համակարգի զարգացման ճանապարհային քարտեզի համար: Դրանք հնարավորություն են տալիս եզրակացնել, որ ատենախոսության մեջ առաջարկված է էական նորույթ պարունակող արդյունավետ մոտեցում ու ամփոփ լուծում արդիական և կիրառական կարևոր նշանակություն ունեցող խնդրի համար, որի բնականոն զարգացումը կարող է բերել նոր հետաքրքիր արդյունքների ու կիրառությունների:

Նշված դիտողությունը նվազեցնում են կատարված աշխատանքի արժեքը: Մինևույն ժամանակ աշխատանքն իսկապես շատ արդիական է, պարունակում է կարևոր գործնական խնդրի ամփոփ ինքնատիպ լուծում և ունի բազմաթիվ կարևոր կիրառություններ և զարգացման հեռանկարներ՝ նոր ուսուցման մեթոդներ մշակելու համար:

Հիմնական արդյունքները տպագրված են, սեղմագրի բովանդակությունը լիովին համապատասխանում է ատենախոսությանը:

Ամփոփելով, Միքայել Սամվելյանի ատենախոսությունը լիովին համապատասխանում է Ե.13.04 մասնագիտության գծով ներկայացվող թեկնածուական ատենախոսությունների պահանջներին, իսկ հեղինակը անկասկած արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝

ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս,
ֆիզ.մաթ.գիտ.դոկտոր, պրոֆեսոր

Ս.Կ. Շուքուրյան

30 մարտ 2020թ.

ԵՊՀ ՏՏ կրթական և հետազոտական կենտրոնի գիտական ղեկավար ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Սամվել Կիմի Շուքուրյանի ձեռքի ստորագրությունը հավաստում եմ՝

ԵՊՀ գիտական բարտուղար՝ պ.գ.թ.



Լ.Ս. Հովսեփյան