РЕАЛ ВАҚТ РЕЖИМИДА КИБЕРҲУЖУМ НОҚАТЪИЙ МАЪЛУМОТЛАРНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТАҲЛИЛЛАШ ТИЗИМИ

Хамракулов Умиджон Шарабидинович
Тошкент Давлат Техника Университети
E-mail: umid198924@gmail.com;
Ашуралиев Алишержон Абдумаликович
Тошкент Давлат Техника Университети
E-mail: ashuraliyevalisherjon@gmail.com
Tel: +998971337577

Аннотация. Мақолада реал вақт режимида ноаниқ ахборот муҳитларида қарор қабул қилиш жараёнларининг самарадорлигини ошириш муаммоси кўриб чиқилади. HeapRand ва Multi-Variant Execution (MVX) усулларидан фойдаланиш орқали маълумотларни қайта ишлашда хавфсизлик, ишончлилик ва тезкорликни таъминлаш имкониятлари таҳлил қилинган. HeapRand усули хотирадаги манзилларни тасодифий қайта тақсимлаш орқали ҳужумларга қарши барқарорликни оширса, MVX усули бир нечта дастур вариантларини параллел ишга тушириш орқали таҳлил жараёнининг ишончлилиги ва аниқлигини кучайтиради. Шунингдек, α-кесимлар, Макс-Мин конволюция алгоритмлари ва ноқатъий арифметик амаллар билан уйғунлаштириш орқали ноаниқ маълумотларни қайта ишлашнинг самарадорлиги оширилиши мумкинлиги асосланган. Олинган натижалар саноат бошқаруви, транспорт логистикаси ва интеллектуал қарор қабул қилиш тизимларида амалий қўлланилиши мумкин.

Калит сўзлар. Ноқатъий маълумотлар, HeapRand, Multi-Variant Execution (MVX), тасодифий манзил тақсимлаш, параллел ҳисоблаш, α-кесим, Макс-Мин конволюция, ноқатъий арифметика, реал вақт режими, ахборот хавфсизлиги.

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения эффективности процессов принятия решений в условиях неопределённой информационной среды в режиме реального времени. Анализируются возможности обеспечения безопасности, надёжности и оперативности обработки данных с использованием методов HeapRand и Multi-Variant Execution (MVX). Метод HeapRand повышает устойчивость к атакам за счёт случайного перераспределения адресов в памяти, в то время как метод MVX усиливает надёжность и точность анализа благодаря параллельному запуску нескольких вариантов программы. Кроме того, показано, что интеграция с α-сечениями, алгоритмами Макс-Мин свёртки и нечеткой арифметикой позволяет повысить эффективность обработки нечетких данных. Полученные результаты могут

ISSN 3030-3907

найти практическое применение в системах промышленного управления, транспортной логистике и интеллектуальных системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова. Нечеткие данные, HeapRand, Multi-Variant Execution (MVX), случайное распределение адресов, параллельные вычисления, α-сечение, Макс-Мин свёртка, нечеткая арифметика, режим реального времени, информационная безопасность.

Abstract. This paper addresses the problem of improving the efficiency of decision-making processes in uncertain information environments under real-time conditions. The study analyzes the potential of enhancing data processing security, reliability, and performance through the use of HeapRand and Multi-Variant Execution (MVX) methods. The HeapRand approach increases resilience to attacks by randomly redistributing memory addresses, while MVX enhances reliability and accuracy by executing multiple program variants in parallel. Furthermore, it is shown that integrating α-cuts, Max-Min convolution algorithms, and fuzzy arithmetic significantly improves the efficiency of fuzzy data processing. The results obtained can be practically applied in industrial control systems, transport logistics, and intelligent decision-support systems.

Keywords. Fuzzy data, HeapRand, Multi-Variant Execution (MVX), random address allocation, parallel computing, α-cut, Max-Min convolution, fuzzy arithmetic, real-time mode, information security.

Кириш.

Бугуни кунда реал вақт режимида ноаниқ (ноқатъий) ахборот муҳитларида қарор қабул қилиш жараёнларининг самарадорлигини ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Объект маълумотларининг динамик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, катта ҳажмли маълумотларни тезкор қайта ишлаш, бошқариш ва таҳлил қилишнинг самарали усулларини яратиш долзарбдир. Шу йўналишда HeapRand ва Multi-Bariant Execution (MVX) каби усуллардан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. HeapRand усули ноқатъий маълумотларни қайта ишлаш жараёнида хотирадаги динамик манзилларни тасодифий равишда қайта тақсимлаш орқали хавфсизлик ва самарадорликни ошириш имконини беради. Multi-Bariant Execution (MVX) эса бир нечта вариантларни параллел равишда бажариш орқали маълумотларни таҳлил қилишда ишончлиликни кучайтиради ҳамда носозлик ёки ҳужумлардан ҳимоя қилишда самарали ечим сифатида хизмат қилади. Мазкур усуллар ноқатъий мантиқий тизимлар, сунъий интеллект ва чуқур ўқитиш технологиялари билан уйғунлаштирилган ҳолда қўлланилганда, реал вақт режимида катта ҳажмли маълумотларни қайта ишлашда юқори самарадорликка эришиш мумкин[1].

ISSN 3030-3907

HeapRand BIBOP ажратувчилари асосида чанкларни қайта тасодифийлаштиришни мақсад қилади. Бу янги соя (shadow) guest-virtual саҳифани ҳар бир чанкиннг guest-physical саҳифасига мослаб хариталаш ва чанклдаги барча ажратиш кўрсаткичларини (pointers) янгилаш орқали амалга оширилади. Буни амалга ошириш учун икки хил дизайн варианти мавжуд:
1. тасодифийлаштириш метамаълумотларини ядро (kernel) ичида сақлаш,
2. ёки уни алоҳида ишловчи процессда сақлаш.

Метамаълумотларни ядро ичида сақлашда афзаллик — саҳифа жадваллари (page tables), тўғридан-тўғри саҳифа киришлари каби имтиёзли функцияларга бевосита кириш имконияти. Бироқ, бундай ёндашувнинг камчилиги — ядро модулидаги хатолик бутун тизим хавфсизлигига таъсир қилиши мумкин. Агар уни алоҳида user space жараёнида сақланса, компрометация қилинган тақдирда ҳам хатар соҳаси чекланган бўлади ва мавжуд тизимларда ундан фойдаланиш учун катта ўзгариш талаб этилмайди. Аммо бу ҳолатда трассировкачи жараён билан тасодифийлантирилаётган жараён орасида доимий контекст алмашиш зарурати пайдо бўлади. Dune асосидаги MVX мониторлари эса керакли имтиёзли функцияларга шу жараённинг ўзида кириш имконини бериб, мазкур тасодифийлаштиришни самарали бажаради.

HeapRand бир вақтнинг ўзида жараённинг икки вариантларини ишга туширади, ҳар бири тасодифий уруғланган (seeded) BIBOP ажратувчисидан фойдаланади. BIBOP ажратувчилари, масалан OpenBSD [2], муайян ўлчамли чанклар тўпламидан тасодифий ажратиш танлайди ва қайта ажратиш учун вақтни ҳам тасодифий белгилайди. Бу хусусиятлар натижасида ажратишларда ҳеч қандай изчил тартиб кузатилмайди. Бу эса изчил (sequential) ажратувчилардан фарқ қилади, чунки уларда бундай кафолат йўқ. HeapRand чанклар манзилларини виртуал саҳифалар манзилларини тасодифийлаш орқали қайта тасодифийлайди. Шу боисдан HeapRand BIBOP ажратувчилари билан яхши уйғунликда ишлайди.

Адабиётлар таҳлили ва методология. HeapRand ажратиш метамаълумотларини ҳам янгилаши зарур. BIBOP ажратувчилари бу маълумотларни хотиранинг алоҳида сегрегация қилинган қисмида сақлайди. Масалан, Freeguard ажратиш метамаълумотини heapнинг бошидан тасодифий офсетда жойлаштиради, бошқа ажратувчилар (OpenBSD, Dieharder, Guarder) эса хаш-жадвал орқали саҳифаларни чанклар билан боғлайди.

HeapRand ажратиш саҳифалари орасидаги масофани қайта тасодифийлайди, яъни янги виртуал саҳифани эски физик саҳифага хариталаш орқали амалга оширади. Барча кўрсаткичлар янгилангач, эски виртуал саҳифа

ISSN 3030-3907

саҳифа жадвалидан чиқарилади ва унга кейинги киришлар амалсиз бўлади. Шу сабабли, манзил очиқланиши (memory disclosure) орқали бир неча ажратиш манзилларини олиш учун кўплаб чиқиш (system call) талаб этилади ва бу HeapRand таъминлайдиган тасодифийлаштиришни тиклашни самарасиз қилади.

Ноаниқ тўпламлар назарияси дастлаб Л. Заде томонидан таклиф этилган бўлиб, кўплаб олимлар томонидан маълумотларни қайта ишлаш, муҳандислик, иқтисодиёт ва турли мураккаб тизимларни бошқариш соҳаларида ноқатъий ёндашувлардан самарали фойдаланилган. Шу асосда турли соҳаларда қарор қабул қилиш ва бошқариш тизимлари ишлаб чиқилмоқда[3].

Сўнгги йилларда олиб борилган илмий тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, ноқатъий маълумотларни қайта ишлашда HeapRand ва Multi-Bariant Execution (MVX) каби замонавий усуллардан фойдаланиш самарадорликни сезиларли ошириши мумкин. HeapRand усули хотирадаги маълумотларни тасодифий қайта тақсимлаш орқали хавфсизлик ва ишончлиликни таъминлайди, бу эса маълумотларнинг buzilish ёки ҳужумларга қарши барқарорлигини оширади. Multi-Bariant Execution (MVX) усули эса бир вақтнинг ўзида бир нечта дастур вариантларини параллел ишлатиш орқали таҳлил жараёнини самаралироқ ва хавфсизроқ қилади. 1-жадвалда шу икки усул таққослаш натижалари келтирилган.

1-жадвал.

HeapRand ва MVX усулларини таққослаш.

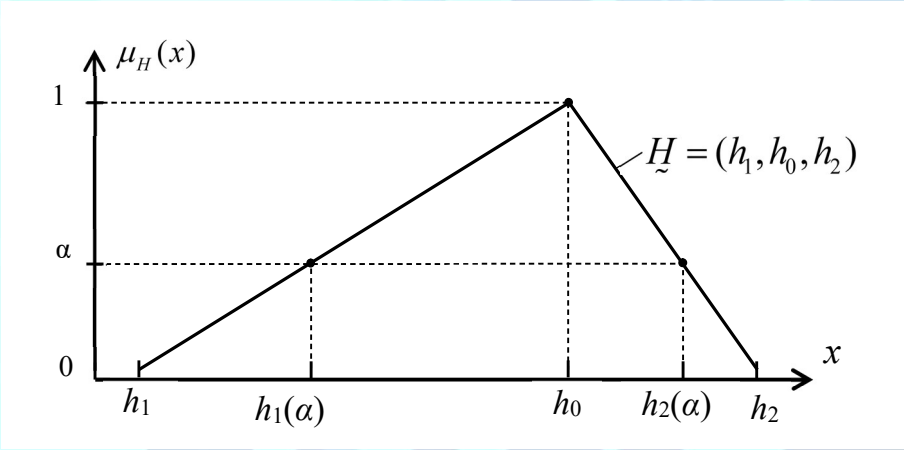
Критерийлар	HeapRand	Multi-Variant Execution (MVX)
Асосий мақсад	Хотирадаги манзилларни тасодифий қайта тақсимлаш орқали хавфсизликни ошириш	Бир нечта дастур вариантларини параллел бажариш орқали ишончлиликни ошириш
Усул	BIBOP ажратувчилари орқали чанкларни қайта тасодифийлаштириш	Бир нечта вариантларни синхрон равишда ишга тушириш
Самарадорлик	Хотирага ҳужумлардан ҳимоя кучаяди, тизим барқарорлиги ортиши мумкин	Ҳужумларни аниқлашда ишончлилик ва аниқлик юқори бўлади
Афзалликлари	- Хавфсизлик даражаси юқори- Хотира очиқланишига қарши самарали	- Параллел ишлаш орқали аниқлик юқори-

ISSN 3030-3907

		Носозликларни тез аниқлайди
Камчиликлари	- Ядро ичида метамаълумотларни сақлашда хатолар хавфли бўлиши мумкин- Контекст алмашиш вақти кўпаяди	- Ҳисоблаш харажатлари катта- Кўпроқ ресурс талаб қилади
Қўлланилиш соҳалари	Хотира хавфсизлиги, дастурларнинг барқарорлиги	Ахборот хавфсизлиги, киберхужумларни аниқлаш, параллел таҳлил

Ушбу усулларни ноқатъий бошқарув технологиялари ва адаптив алгоритмлар билан уйғунлаштириш орқали янги модел ва архитектураларни яратиш мумкин. Бу эса саноат бошқаруви, лойиҳалаш методологияси, дизайнни автоматлаштириш, қурилмаларни лойиҳалаш тиллари ва реал вақтда ишловчи бошқарув тизимлари каби йирик соҳаларда юқори самарадорликка эришиш имконини беради.

Тадқиқот иши давомида ноаниқ $\tilde{H}$ тўпламни $(x, \mu_{\tilde{H}}(x))$ жуфтликлар тўплами сифатида кўриб чиқамиз (1-расм). Бу ерда x универсал тўпламнинг F - элементи тегишлилик функциясининг (*membership function* (MF)) $\mu_{\tilde{H}}(x) \in [0,1]$ оралиқдаги қиймати.



1-расм. $\tilde{H}, \tilde{H} \in R$ **учбурчак ноқатъий сонининг α-кесими.**

Ноаниқлик шароитларида эришилган натижаларни самарали ечимларини қўллашга турли технологик жараёнларни автоматлаштириш, транспорт йўналишларини оптималлаштириш ва тадқиқот лойиҳаларини баҳолаш соҳаларида қарор қабул қилиш ва бошқаларни мисол келтириш мумкин. Маълумотларни таҳлил қилишнинг ушбу усулларида параметрлаштирилмаган ва параметрланган операторларининг мослашувчан

ISSN 3030-3907

юмшоқ ҳисоблаш компонентларидан фойдаланишга таянади. Вектор квантлаш ва турли ноаниқ хулоса чиқариш механизмлари (Mamdani, Sugeno ва бошқалар), шунингдек, ноқатъий рақамлар (fuzzy numbers (FN)) билан ноаниқ арифметик амалларни амалга ошириш учун турли хил ноаниқ ёндашувлар, жумладан FNs-минимал, FNs-максимал, FNs-айириш, FNs-кўпайтириш, FNs-бўлиниш ва FNs-қўшишдан фаол тарзда фойдаланишга таянади [4-5].

Шу билан бирга, HeapRand ва Multi-Bariant Execution (MVX) усулларини жорий этиш орқали ноаниқ маълумотларни қайта ишлашда хавфсизлик, ишончлилик ва тезкорликни янада ошириш мумкин. HeapRand усули маълумотларни қайта ишлаш жараёнида хотирадаги манзилларни тасодифий равишда қайта тақсимлаш орқали ҳужумлардан ҳимояни таъминлайди ва тизим барқарорлигини оширади. Multi-Bariant Execution (MVX) эса бир нечта дастур вариантларини параллел ишлатиш асосида таҳлил жараёнининг ишончлилиги ва аниқлигини таъминлайди.

Катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлашнинг аниқлиги ва тезлигини ошириш қобилияти туфайли ноаниқ арифметика ва HeapRand ҳамда MVX каби усуллар асосида олинган аналитик моделларни шакллантиришга алоҳида эътибор қаратиш лозим [6]. Баъзи амалий ҳолатларда FN билан мос келадиган арифметик амаллар учун олинган MF ларни HeapRand ёки MVX билан уйғунлаштириб, катта ҳажмли ахборотни тезкор қайта ишлаш имкони яратилади [7].

Олинган MF ларнинг аналитик моделларини синтез қилишнинг самарали усулларидан бири α-кесимлардан [8], хусусан, ҳосил бўлган аъзолик функцияларининг горизонтал (тескари) ва вертикал (тўғридан-тўғри) моделларини HeapRand ва MVX билан уйғун ҳолда қуриш ҳисобланади. Бироқ, баъзи ҳолларда, бундай натижавий моделларни шакллантириш зарурати кўп вақт талаб қилади ва маълумотларни қайта ишлаш тезлигининг пасайишига ҳамда реал вақт режимида бошқарув ва қарор қабул қилиш жараёнлари сифати пасайишига олиб келиши мумкин [9].

Яна бир ёндашув Заденинг кенгайтма принципидан [10] ёки Макс-Мин конволюцияси алгоритмидан фойдаланиш билан боғлиқ бўлиб, у ҳар бир дастлабки ноаниқ тўпламни (ноаниқ маълумотларни қайта ишлашда иштирок этган) дискретлик босқичи ёрдамида дискрет шаклга ўзгартиришни талаб қилади. $x_{i+1} = x_i + \Delta x$, $(i = 0, 1, 2, \ldots, K)$ ни аниқлаш учун $\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K} = const$.

Бу эса натижада пайдо бўлган ноаниқ тўпламларнинг синтезига олиб келади.

ISSN 3030-3907

Масалан, жадвал услуби ёки бирлашган синглтонлар тўплами $\underset{\sim}{P} = \sum_{i=0}^{K} \frac{\mu_{\underset{\sim}{P}}(x_i)}{x_i}$ кўринишида ифодалаш мумкин.

Юқорида айтиб ўтилган α-кесимлар ва Макс-Мин конволюция ёндашувлари [11] натижасида ҳосил бўлган ноаниқ $\underset{\sim}{P}$ тўпламнинг $\mu_P(x)$ аъзолик функциясининг аналитик моделини олиш учун қўшимча математик ўзгаришлар киритишни талаб қилади. Бу эса ҳисоблаш учун ишлатилиши мумкин бўлган (ҳар қандай $y^*, y^* \in [y_{\min}, y_{\max}]$) y^* натижавий ноаниқ $\underset{\sim}{P}$ тўпламга тегишлилигини тавсифловчи мос келувчи аъзолик қийматини $\mu_{\underset{\sim}{P}}(x^*)$ таъминлайди [12]. Шу боис, дискрет ноаниқ тўплам учун ушбу $\underset{\sim}{P} = \sum_{i=0}^{K} \frac{\mu_{\underset{\sim}{P}}(x_i)}{x_i}$ усуллар қўлланилиши ўринли ҳисобланади.

Шу билан бирга, HeapRand усулининг тасодифий манзил тақсимлаш механизми ва MVX усулининг параллел бажариш имкониятларини мазкур α-кесимлар ва Макс-Мин конволюция ёндашувлари билан уйғунлаштириш орқали ҳосил бўлган ноаниқ тўпламларни қайта ишлашда ҳисоблаш тезлигини, хавфсизликни ва ишончлиликни ошириш мумкин. Бу эса реал вақт режимида амалга ошириладиган таҳлил ва бошқарув жараёнлари самарадорлигини сезиларли даражада кўтаришга хизмат қилади.

Агар $y*$ ҳар қандай қўшни қийматлар x_i ва x_{i+1} ўртасида жойлашган бўлса, яъни $x_i < x^* < x_{i+1}$ бўлса, $\mu_{\underset{\sim}{P}}(x^*)$ тегишли қийматини ҳисоблаш учун интерполяция процедурасидан фойдаланиш ҳам мумкин. Кўриб чиқилган икки ёндашув ҳам “кўп босқичли” ҳисоблаш процедураларини амалга оширишга асосланган.

Дастлабки ноқатъий тўпламлардаги ҳар қандай ўзгаришлар ноаниқ маълумотларни қайта ишлаш учун кўп номли яқинлашиш ёки интерполяция процедураларини амалга оширишни талаб қилади. Бу эса ҳисоблашнинг мураккаблиги ва ҳисоблаш вақтининг ошишига, шунингдек, ҳисоб-китобларнинг аниқлиги пасайишига олиб келади. Шунинг учун олинган аналитик моделларни синтез қилиш жараёнларини автоматлаштиришнинг янги усулларини ишлаб чиқиш ноқатъий маълумотларни қайта ишлашда “бир босқичли” ҳисоблаш жараёнлари сифати сезиларли даражада ошириши мумкин.

Икки ноқатъий тўпламлар учун FN-максимални амалга оширишда α-кесимдан фойдаланиш турли α-даражалар учун мос келадиган арифметик алгоритмни босқичма-босқич амалга ошириш заруриятини юзага келтиради (1-расм).

ISSN 3030-3907

HeapRand усули интерполяция жараёнларида тасодифий манзил тақсимлаш орқали хавфсизликни таъминлаши мумкин, MVX эса бир нечта вариантларни параллел ишга тушириш орқали ҳисоблашни тезлаштириб, аниқликни оширади. Ушбу усулларни α-кесим ва интерполяция билан уйғунлаштириш ноаниқ маълумотларни қайта ишлашда самарадорликни ва реал вақтда ишончли қарор қабул қилиш имкониятини сезиларли равишда оширади.

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \delta\alpha, (i = 1,2,...,N) \quad (1)$$

бу ерда $\delta\alpha$ дискретлик босқичи бўлиб, уни $\delta\alpha = \frac{1}{N}$ орқали ифодалаш мумкин.

HeapRand усули параметр танлаш жараёнида хотира манзилларини тасодифий қайта тақсимлаш орқали хавфсизлик ва барқарорликни таъминлайди. MVX эса бир нечта ҳисоблаш вариантларини параллел амалга ошириш орқали юқори ҳисоблаш мураккаблигини камайтиради ҳамда аниқликни ошириш имконини беради. Ушбу такрорланувчи жараён юқори ҳисоблаш мураккаблигига эга ҳамда N параметри ва мос келадиган $\delta\alpha$ қийматини танлаш натижасида олинган MFнинг ҳисоблаш тезлиги ва ҳисоблаш аниқлигига етарлича таъсир қилади.

HeapRand усули мазкур α-кесимли тўпламларни ҳисоблаш жараёнида хотира манзилларини тасодифий қайта тақсимлаш орқали хавфсизлик ва самарадорликни таъминласа, MVX усули бир нечта вариантларни параллел ишга тушириш орқали ҳисоблаш жараёнининг аниқлиги ва тезлигини оширади. $\underset{\sim}{H} \in R$ ноқатъий соннинг α-кесими $H_\alpha = \{x \mid \mu_{\underset{\sim}{P}}(x) \geq \alpha\}$, $\alpha \in [0,1]$ аниқ кичик тўплам бўлиб, у (1-расм) фақат $\underset{\sim}{P}$ тўпламига аъзолик даражасидан кам бўлмаган $x \in \mathbb{R}$ қийматларини ўз ичига олади, бу ерда $\mathbb{R}$ – ҳақиқий сонлар тўплами. Ноқатъий тўпламлар $\underset{\sim}{H} \in R, \underset{\sim}{B} \in R$ учун уларнинг α-тўпламлари H_α ва B_α ни қуйидаги услубда тасвирлаш мумкин.

$$H_\alpha = [h_1(\alpha), h_2(\alpha)], \quad (2)$$

$$B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)], \alpha \in [0,1] \quad (3)$$

Дастлабки синтезланиши мумкин бўлган MFнинг аналитик моделида ҳисоблаш тезлиги ва аниқлиги нуқтаи назаридан FN-максимални ҳисоблаш самаралироқ ҳисобланади [13].

Ушбу тадқиқотнинг асосий мақсади: (a) ҳисоблаш жараёнининг мураккаблигини камайтириш, (b) ҳисоблаш жараёнининг тезлигини ошириш учун FNs-максималнинг арифметик ишлаши учун олинган горизонтал ва вертикал аналитик моделларнинг ҳисоблаш кутубхонасини синтез қилиш

ISSN 3030-3907

орқали, (c) rooting итератив ҳисоблаш процедурасини истисно қилиш ва (d) ноаниқ маълумотларни қайта ишлашнинг аниқлигини ошириш ҳисобланади.

Параметрлари орасида турли хил $\mathbb{R}$ муносабатларга эга бўлган учбурчак ноқатъий сонлар (*triangular fuzzy numbers* – TrFN) MFлари асосида юқорида қайд этилган ҳисоблаш кутубхонаси учун синтез жараёни келтирилади (1-расм). HeapRand усули TrFN моделларида хотира манзилларини тасодифий қайта тақсимлаш орқали хавфсизлик ва барқарорликни таъминлайди. MVX эса параллел ҳисоблаш имкониятларини қўллаб, FNs-максимални амалга оширишда юқори тезлик ва аниқликка эришиш имконини беради.

$\underset{\sim}{H}=(h_1,h_0,h_2)$ ва $\underset{\sim}{B}=(b_1,b_0,b_2)$ учбурчак ноаниқ рақамлари бўлган MFs $\mu_{\underset{\sim}{H}}(x)$ ва $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ мос келадиган параметрлари $\mu_{\underset{\sim}{H}}(h_0)=1$, $\mu_{\underset{\sim}{B}}(b_0)=1$, $\mu_{\underset{\sim}{H}}(h_1)=0$, $\mu_{\underset{\sim}{H}}(h_2)=0$, $\mu_{\underset{\sim}{B}}(b_1)=0$ ва $\mu_D(d_2)=0$ билан тавсифланиши мумкин. Горизонтал H_α, B_α ва вертикал $\mu_{\underset{\sim}{H}}(x)$, $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ $\underset{\sim}{H}\in R, \underset{\sim}{B}\in R$ учбурчак ноқатъий сонларнинг моделлари (4)-(7) ифодалар билан тавсифланиши мумкин:

$$H_\alpha=[h_1(\alpha),h_2(\alpha)]=[h_1+\alpha(h_0-h_1),h_2-\alpha(h_0-h_1)], \quad (4)$$

$$\mu_{\underset{\sim}{H}}(x)=\begin{Bmatrix}0,\forall(x\le h_1)\cup(x\ge h_2)\\ E_{H_L}(x,h_1,h_0),\forall(h_1<x\le h_0)\\ E_{H_R}(x,h_0,h_2),\forall(h_0<x<h_2)\end{Bmatrix} \quad (5)$$

$$B_\alpha=[b_1(\alpha),b_2(\alpha)]=[b_1+\alpha(b_0-b_1),b_2-\alpha(b_0-b_1)] \quad (6)$$

$$\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)=\begin{Bmatrix}0,\forall(x\le b_1)\cup(x\ge b_2)\\ E_{B_L}(x,b_1,b_0),\forall(b_1<x\le b_0)\\ E_{B_R}(x,b_0,b_2),\forall(b_0<x<b_2)\end{Bmatrix} \quad (7)$$

бу ерда $E_{H_L}(x,h_1,h_0)=(x-h_1)/(h_0-h_1)$ TrFN $\underset{\sim}{H}$ учун MF $\mu_{\underset{\sim}{H}}(x)$ нинг чап қисми;

$E_{B_L}(x,b_1,b_0)=(x-b_1)/(b_0-b_1)$ TrFN $\underset{\sim}{B}$ учун MF $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ нинг чап қисми;

$E_{H_R}(x,h_0,h_2)=(h_2-x)/(h_2-h_0)$ TrFN $\underset{\sim}{H}$ учун MF $\mu_{\underset{\sim}{H}}(x)$ нинг ўнг қисми;

$E_{B_R}(x,b_0,b_2)=(b_2-x)/(b_2-b_0)$ TrFN $\underset{\sim}{B}$ учун MF $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ нинг ўнг қисми;

Натижа. FNs-максимал ҳисоблашда, α-кесиш алгоритмига нисбатан Max-Min ёки Min-Max конволюциялари каби алгоритмлардан фойдаланиш кўп ҳолларда (a) хусусиятларнинг бузилишига олиб келади, хусусан ҳосил бўлган ноқатъий тўпламнинг нормаллиги ва қаварилигига ($\underset{\sim}{P}=\underset{\sim}{H}(\vee)\underset{\sim}{B}$) салбий таъсир кўрсатади, (b) ноаниқ маълумотларни қайта ишлаш учун мураккаблик ва ҳисоблаш вақтининг ортиб бориши юзага келади, шунингдек HeapRand усули орқали хавфсизлик таъминланиши ва MVX усули ёрдамида параллел ҳисоблаш орқали аниқлик ва тезликни сақлаб қолиш мумкин.

ISSN 3030-3907

FNs -максимал ($\underset{\sim}{P} = \underset{\sim}{H}(\vee)\underset{\sim}{B}$) нинг ишлаши α-кесмалар ёрдамида шундай услубда тақдим этилиши мумкин:

$$P_\alpha = H_\alpha(\vee)B_\alpha = [h_1(\alpha), h_2(\alpha)](\vee)[b_1(\alpha), b_2(\alpha)] = \\ = [h_1(\alpha) \vee b_1(\alpha), h_2(\alpha) \vee b_2(\alpha)], \quad (8)$$

бу ерда $P_\alpha = [p_1(\alpha), p_2(\alpha)]$ натижадан олинган ноаниқ $\underset{\sim}{P}$ тўпламнинг горизонтал моделидир. α -кесишлар процедураси FNs-максимал ишлов бериш (8) натижасида олинган ноаниқ тўпламнинг универсал аналитик моделларини синтез қилиш учун ($\underset{\sim}{P} = \underset{\sim}{H}(\vee)\underset{\sim}{B}$) ҳосил бўлган бир босқичли ҳисоблаш процедураси учун аъзолик функцияси қийматлари $\mu_{\underset{\sim}{P}}(x)$.

Хулоса. Ноқатъий маълумотларни қайта ишлаш жараёнларида α-кесимлар, Макс-Мин ва Мин-Макс конволюция алгоритмлари, ноқатъий арифметик амаллар ҳамда TrFN (учбурчак ноқатъий сонлар) каби моделлар самарали қўлланилиши мумкин. Шу билан бирга, ҳисоблаш жараёнларининг мураккаблиги ва вақти кўп ҳолларда сезиларли даражада ошиши, натижавий тўпламларнинг нормаллик ва қаварикlик хусусиятларининг бузилиши мумкинлиги қайд этилди.

Ушбу муаммоларни самарали ҳал қилиш мақсадида HeapRand усули орқали хавфсиз ва барқарор ҳисоблаш жараёнларини таъминлаш ҳамда MVX усули ёрдамида параллел ҳисоблаш имкониятларидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. Бу эса реал вақт режимида ноаниқ маълумотларни қайта ишлаш жараёнларининг тезлиги, аниқлиги ва ишончлилигини ошириш билан бирга, синтезланадиган аналитик моделларнинг самарадорлигини таъминлайди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Косолапов Ю. В. Об обнаружении атак типа повторного использования исполнимого кода //Моделирование и анализ информационных систем. – 2019. – Т. 26. – №. 2. – С. 213-228.

2. Вишняков А. В. и др. Метод анализа атак повторного использования кода //Труды Института системного программирования РАН. – 2018. – Т. 30. – №. 5. – С. 31-54.

3. Bletsch T., Jiang X., Freeh V. Mitigating code-reuse attacks with control-flow locking //Proceedings of the 27th Annual Computer Security Applications Conference. – 2011. – С. 353-362.

4. Y. Ge, “A two-stage fuzzy logic control method of traffic signal based on traffic urgency degree,” *Modelling and Simulation in Engineering*, vol. 2014, Article ID 694185, 6 pages, 2014.

ISSN 3030-3907

5. Kondratenko, Y.P.; Kozlov, O.V.; Gerasin, O.S.; Zaporozhets, Y.M. Synthesis and research of neuro-fuzzy observer of clamping force for mobile robot automatic control system. In Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, 23–27 August 2016; pp. 90–95.
6. O.O.Zaripov, U.Sh.Khamrakulov, A.A.Ashuraliyev. Methods and Software Tools for Modeling Dynamic Intelligent Systems. International scientific and technical journal Chemical Technlogy. Control and Management № 2, pp. 81-87, 2022
7. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets. Inf. Control 1965, 8, 338–353.
8. N. R. Yusupbekov and A. R. Marakhimov, "Synthesis of the intelligent traffic control systems in conditions saturated transport stream,"*International Journal of International Journal of Chemical Technology, Control and Management Jointly with the Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 3-4, pp. 12–18, 2015.
9. F. Sattar, F. Karray, M. Kamel, L. Nassar, and K. Golestan, "Recent advances on context-awareness and data/information fusion in ITS," *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 14, no. 1, pp. 1–19, 2016.
10. Kacprzyk, J.; Zadrozny, S.; De Tré, G. Fuzziness in database management systems: Half a century of developments and future prospects. Fuzzy Sets Syst. 2015, 281, 300–307.
11. Slauddin, F.; Rahman, T.R. A Fuzzy based low-cost monitoring module built with Raspberry Pi–Python–Java architecture. In Proceedings of the 2015 International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA), Kuala Lumpur, Malaysia, 26–28 May 2015; pp. 127–132.
12. Pozna, C.; Minculete, N.; Precup, R.-E.; Kóczy, L.T.; Ballagi, A. Signatures: Definitions, operators and applications to fuzzy modeling. Fuzzy Sets Syst. 2012, 201, 86–104.
13. Hanss, M. Applied Fuzzy Arithmetics: An Introduction with Engineering Applications; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; New York, NY, USA, 2005; ISBN 978-3-540-24201-7.

ISSN 3030-3907