INTELLEKTUAL ADAPTIV TIZIMLARDA VAQT CHEGARALARINI MODELLASHTIRISH MASALASI

Sabirov Ulug‘bek Kuchkarovich
Andijon davlat texnika instituti, i.f.n., dotsent
E-mail: uqsabirovasu1951@gmail.com

Annotatsiya: mazkur maqola intellektual adaptiv tizimlarda vaqt chegarasi tarmog‘ini (TCN) modellashtirish masalasini ko‘rib chiqadi. Vaqt chegara tarmog‘i tizimlarda vaqtni taqsimlash va qaror qabul qilish jarayonlarini matematik tarzda ifodalashda qo‘llaniladi. Maqolada TCNning asosiy elementlari, ya'ni vaqt o‘zgaruvchilari, cheklovlar va yechimlar, shuningdek, bu tizimlarning adaptivligi va moslashuvchanligi haqida so‘z yuritiladi. Intellektual tizimlarda vaqt chegaralarini modellashtirishda Constraint Propagation (CP) va evristik algoritmlar kabi metodologiyalar qo‘llaniladi. Shuningdek, bu metodologiyalar tibbiyot, aviatsiya, robototexnika va transport tizimlaridagi amaliy qo‘llanilishlarini misollar bilan yoritadi.

Kalit so‘zlar: Vaqt chegarasi tarmog‘i (TCN), Intellektual adaptiv tizimlar, Constraint Propagation (CP), Evristik algoritmlar, Vaqtni taqsimlash, Optimal rejalashtirish, Resurslarni boshqarish, Adaptivlik va moslashuvchanlik.

Abstract: this article discusses the issue of modeling the Time Constraint Network (TCN) in intellectual adaptive systems. Time Constraint Networks are used to model time allocation and decision-making processes in dynamic and changing environments. The paper focuses on the basic components of TCN, including time variables, constraints, and solutions, as well as the adaptability and flexibility of these systems. Methodologies such as Constraint Propagation (CP) and heuristic algorithms are employed for time constraint modeling. The article also highlights practical applications in fields such as medicine, aviation, robotics, and transportation.

Keywords: Time Constraint Network (TCN), Intellectual adaptive systems, Constraint Propagation (CP), Heuristic algorithms, Time Allocation, Optimal Scheduling, Resource Management, Adaptability and Flexibility.

Аннотация: В статье рассматривается проблема моделирования сетей временных ограничений (TCN) в интеллектуальных адаптивных системах. Сети временных ограничений используются для моделирования распределения времени и процессов принятия решений в динамичных и изменяющихся условиях. Описание включает основные элементы TCN, такие как временные переменные, ограничения и решения, а также адаптивность и гибкость этих систем. В моделировании временных ограничений применяются такие методологии, как распространение ограничений (CP) и эвристические алгоритмы. Также приводятся примеры

ISSN 3030-3907

применения этих методов в таких областях, как медицина, авиация, робототехника и транспорт.

Ключевые слова: сеть временных ограничений (TCN), интеллектуальные адаптивные системы, распространение ограничений (CP), эвристические алгоритмы, распределение времени, оптимальное планирование, управление ресурсами, адаптивность и гибкость.

Kirish

Vaqt chegara tarmog‘i (Time Constraint Networks, TCN) — vaqtni taqsimlash, vaqtga bog‘liq cheklovlar va qaror qabul qilish jarayonlarini modellashtirish uchun ishlatiladigan matematik model. Ushbu model asosan intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llaniladi, chunki tizimlar dinamik va o‘zgaruvchan sharoitlarda optimal va moslashuvchan javoblarni taqdim etishlari kerak. TCNni intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llashdan maqsad, tizimning ishlash vaqtini samarali boshqarish va optimallashtirishdir.

Vaqt chegarasi va adaptiv tizimlar. Intellektual adaptiv tizimlar o‘zining ishlash jarayonini, ma'lumotlar oqimini va qaror qabul qilishni o‘zgaruvchan sharoitga moslashtirishi kerak. Bu tizimlar turli sohalarda ishlatiladi, masalan:

- sun'iy intellekt va robototexnikada real vaqtda muammolarni yechishda;
- aviatsiya va transport tizimlarida jadval tuzish va rejalashtirishda;
- tibbiyotda bemorlarni davolash va resurslarni boshqarishda.

TCNni bu tizimlarda qo‘llashdagi asosiy vazifa — tizimning cheklovlar (masalan, vaqt, resurslar, sharoitlar) bilan moslashishini ta'minlashdir.

Vaqt chegarasi tarmog‘ining asosiy elementlari:

1. Vaqt o‘zgaruvchilari (Variables): bu tizimda vaqtni ifodalovchi o‘zgaruvchilar bo‘lib, ular cheklovlar (constraints) orqali o‘zaro bog‘lanadi.
2. Cheklovlar (Constraints): vaqt chegaralari va boshqa resurslar bilan bog‘liq bo‘lgan cheklovlar tizimni ishlash jarayonida tartibga soladi. Masalan, har bir vazifa bajarilish uchun belgilangan minimal va maksimal vaqt chegaralari.
3. Yechimlar (Solutions): TCNning yechimi — bu tizimda vaqt o‘zgaruvchilarining moslashuvi va cheklovlarga mos keladigan holatdir.

Vaqt chegaralarini modellashtirish.

TCN tizimlari vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhitni inobatga olgan holda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi rejalar, qarorlar yoki strategiyalarni ishlab chiqadi. Bu jarayonni modellashtirishda asosan quyidagi metodologiyalar ishlatiladi:

1. Constraint Propagation (CP): vaqt cheklovlarini propagatsiya qilish orqali tizimdagi vaqt o‘zgaruvchilarining qaysi biri qanday vazifalarni bajara olishini aniqlash mumkin.

ISSN 3030-3907

2. Heuristic Algorithms: katta va murakkab tizimlar uchun evristik algoritmlar yordamida vaqt cheklovlarini moslashuvchan va optimal tarzda hal qilish mumkin.

Adaptivlik va moslashuvchanlik. Intellektual adaptiv tizimlar real vaqt rejimida o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashishlari kerak. Bu tizimlar nafaqat mavjud vaqt cheklovlariga amal qiladi, balki yangi kiritilgan cheklovlar yoki o‘zgarishlarga tezda javob berish imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak. Vaqt cheklovlarini tarmoq tarzida modellashtirish, tizimning o‘zini-o‘zi optimallashtirishga imkon beradi, masalan:

- vaqtni qayta taqsimlash (reshuffling) orqali tizimda yuzaga kelgan muammolarni hal qilish;
- yangi cheklovlar kiritilishi bilan tizimning adaptivligini saqlash.

Amaliy qo‘llanilish sohalari:

- tibbiyotda: bemorlarni davolash va operatsion rejalashtirishda vaqt chegaralarini modellashtirish, masalan, shifokorlar uchun ish soatlarining chegarasi va davolash kursi uchun maksimal vaqt;
- aviatsiya va transportda: samolyotlarning reyslarida yoki transport vositalarining harakati uchun vaqtni boshqarish va optimallashtirish;
- robototexnikada: robotlarning harakat rejasini tuzish, ish vaqtini optimal taqsimlash va vazifalarni bajarish.

Constraint Propagation (CP) metodologiyasi kompyuter fanlarida keng qo‘llaniladigan yondashuv bo‘lib, asosan muammolarni hal qilishda, xususan, constraint satisfaction problems (CSP) da ishlatiladi. Bu metodologiya turli sohalarda qo‘llanilmoqda: optimizatsiya, sun’iy intellekt, algoritmlar va tarmoqlarni rejalashtirish kabi. Quyida Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha tahlil qilish uchun nufuzli manbalardan ba'zi misollarni keltiramiz.

1. Constraint Satisfaction Problems (CSP) va ularning amaliy qo‘llanilishi.

CSP — ma'lum cheklovlar (constraints) asosida o‘zgaruvchilarni (variables) belgilashni talab qiluvchi muammolarni yechish metodologiyasidir. CSP metodologiyasi ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

1.1. Sun'iy intellekt va robototexnika.

Constraint Propagation algoritmlari robototexnika va sun'iy intellektda muhim ahamiyatga ega. Masalan, rejalashtirish muammolarida, robotlar va sun'iy intellekt tizimlari turli vazifalarni bajarish uchun cheklovlar bilan ishlaydi. Agar robotning harakati yoki har qanday boshqa amali ba'zi cheklovlarga (masalan, jismoniy muhitdagi ob'ektlar, xavfsizlik choralari) to‘g‘ri kelmasa, unda CP metodologiyasi yordamida to‘g‘ri echimlar topiladi. Masalan, manbada [1] CP metodologiyasining robototexnika va rejalashtirishdagi amaliy qo‘llanilishi haqida batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1.2. Grafik ranglash muammolari.

Grafik ranglash masalalari, masalan, “n-ta shaharni ranglash” yoki “ranglashning minimal sonini topish” masalalari Constraint Propagation yordamida hal qilinishi mumkin. Bu sohada manbada [2] taqdim etilgan Probabilistic Graphical Models metodologiyasi bilan bog‘liq tahlillar, shuningdek, CSP ni qanday qilib grafik modellarni qurishda ishlatish mumkinligini ko‘rsatadi.

2. Optimizatsiya va jadvalli rejalashtirish.

2.1. Jadvalli rejalashtirish.

Constraint Propagation metodologiyasi jadval tuzish va rejalashtirishda keng qo‘llaniladi. Mavjud cheklovlar va shartlarni hisobga olgan holda, masalan, ishchilarning ishlash soatlari, resurslar va vaqtni belgilash uchun optimallashtirilgan rejalashtirish tizimlari ishlab chiqiladi. Masalan, manbada [3] ishlab chiqilgan HSTS (Hybrid Space-Time Search) algoritmi jadval tuzishda CP metodologiyasini qo‘llashni ko‘rsatadi.

2.2. Ishlab chiqarish va resurslarni taqsimlash.

Ishlab chiqarish sohasida resurslarni taqsimlash muammosi keng tarqalgan. CP metodologiyasi yordamida ishlab chiqarish liniyalarida optimallashtirish amalga oshiriladi, masalan, mahsulot ishlab chiqarish rejasini tuzishda, kerakli resurslarni va materiallarni aniqlashda, mehnat vaqti va mashina vaqti taqsimotida. Manbada [4] ishlab chiqilgan algoritmlar bu sohada Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi haqida kengroq ma'lumot beradi.

3. Infratuzilma va transport tizimlari.

3.1. Transport va logistika.

Transport tizimlarini rejalashtirishda Constraint Propagation muhim rol o‘ynaydi. Masalan, yo‘nalishlarni, vaqti-vaqti bilan va transport vositalarini optimallashtirishda. Bu yerda cheklovlar (masalan, har bir transport vositasi uchun belgilangan maksimal yuk og‘irligi, yo‘nalishdagi sharoitlar, vaqtlar) hisobga olinadi. Manbada [5] taqdim etilgan tadqiqotlarda logistika va transport tizimlarida CP metodologiyasining o‘rni ko‘rsatilgan.

3.2. Aviatsiya sohasidagi amaliy qo‘llanishlar.

Aviatsiya sohasida Constraint Propagation metodologiyasi yordamida reyslarni optimallashtirish, aeroportlarga qaysi samolyotlar qancha vaqt o'tishini va samolyotlar o‘rtasidagi masofani saqlashni ta'minlash mumkin. Manbada [6] bu mavzu yoritilgan bo‘lib, aviatsiya tarmoqlarida soatlik rejalashtirishlar va samolyotlarni ko‘chirishda CP metodologiyasining ahamiyati ko‘rsatilgan.

4. Shifoxona tizimlari va tibbiy amaliyot.

Tibbiyotda ham Constraint Propagation metodologiyasi qo‘llaniladi, ayniqsa, jadval tuzish va resurslarni taqsimlash masalalarida. Misol uchun, shifoxonada bemorlarni muolajaga joylashtirishda, tibbiy jihozlar va shifokorlarni

ISSN 3030-3907

taqsimlashda CP yordamida optimal yechimlar topiladi. Manbada [7] shifoxonalar tizimi va tibbiy muammolarni yechishda CP yondashuvi haqida ma'lumotlar taqdim etilgan.

5. Axborot texnologiyalari va algoritmlar.

5.1. Ma'lumotlar bazalarida.

Constraint Propagation metodologiyasi ma'lumotlar bazalarida ma'lumotlarni to‘g‘ri joylashtirishda, masalan, ma'lumotlar integratsiyasi va normalizatsiyasida qo‘llaniladi. Bu metodologiya yordamida ma'lumotlar bazasida ishlov beriladigan cheklovlar, formatlar va integratsiya jarayonlarini tahlil qilish mumkin. Manbada [8] taqdim etilgan tadqiqotlar bu sohada CP metodologiyasining qanday ishlashini ko‘rsatadi.

Yuqorida keltirilgan manbalar Constraint Propagation metodologiyasining turli amaliy sohalarda qanday ishlatilishini tushuntiradi. Har bir manba ushbu yo‘nalishdagi izlanishlarga mos keladigan mavzularda chuqurroq tahlil qilishga yordam beradi.

Uslubiyat (Methods) va materiallar (Materials). Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish. Constraint Propagation — muammolardagi chegaralarni (shartlarni) tizimli tarzda tarqatish va ularni qoniqtirishga harakat qilish usuli. U ko‘plab sun’iy intellekt, rejalashtirish, grafik modellash va matematik optimallashtirishda qo‘llaniladi.

Asosiy g‘oya quyidagicha:

- bir nechta o‘zaro bog‘langan o‘zgaruvchilar va ular ustida bir yoki bir nechta chegaralar (constraints) mavjud;
- chegaralar yordamida o‘zgaruvchilarning mumkin bo‘lgan qiymatlari kamaytirib boriladi — bu “propagation” deyiladi;
- shu yo‘l bilan, yechim maydoni toraytiriladi va yechimni topish osonlashadi.

Masalan: agar `X` o‘zgaruvchi `1..5` oraliqda bo‘lsa, va `X > Y` chegarasi bo‘lsa, `Y` qiymati `X` dan kichik yoki teng bo‘lishi kerak. Agar `X` uchun qiymat 3 deb belgilansa, `Y` ning qiymatlari avtomatik `1..3` oralig‘iga torayadi.

Vaqt chegara tarmog‘i (TCN) — vaqtga oid cheklovlarni modellashtirish uchun ishlatiladigan graf asosidagi metodologiya.

Asosiy tushunchalar:

- vaziyat (event, activity): vaqt o‘lchovida sodir bo‘ladigan harakat yoki hodisa;
- vaqt chegarasi (temporal constraint): harakatlar yoki voqealar orasidagi vaqt masofasini chegaralash (masalan, voqea A kamida 5 daqiqadan keyin boshlanishi kerak).

TCN ning ishlashi:

- tarmoqdagi tugunlar (nodes) — vaqt nuqtalari yoki voqealar;
- qirralar (edges) — ikki voqea orasidagi vaqt chegaralarini ifodalaydi, masalan:

ISSN 3030-3907

$$L \leq t_j - t_i \leq U$$

Bu yerda t_j va t_i — voqealar vaqti, L va U esa pastki va yuqori chegaralar.

Misol:

Voqea	**Ta'rif**
t_A	Topshiriqni boshlash vaqti
t_B	Topshiriqni tugatish vaqti
Chegara	$5 \leq t_B - t_A \leq 10$

Vaqt chegarasi tarmog'ida constraint propagation:

- chegaralar orasida vaqtlarni yangilash va chegaralarni toraytirish orqali yechimlar aniqlanadi;
- agar bir voqeaning boshlanishi aniqlansa, undan keyingi voqea vaqtlari ham avtomatik yangilanadi;
- bu orqali vaqtni rejalashtirish muammolari samarali hal qilinadi.

Qisqacha umumlashtirish:

Termin	**Izoh**
Constraint Propagation	Chegaralarni tarqatish va yechimlarni qisqartirish usuli
Temporal Constraint Network (TCN)	Vaqtga oid cheklovlarni tarmoqda modellashtirish
Vaqt Chegarasi	Ikkita voqea orasidagi vaqt oralig'i
Propagation	Chegaralar ta'sirida vaqtlar va qiymatlarni yangilash

Misol kod yoki diagramma orqali ham tushuntirilishi mumkin. Masalan:

- matematik formulalar bilan tushuntirish;
- grafik ko'rinish (diagramma) ishlab chiqish;
- Python-da kod yozish.

Natijalar (Results). Oddiy vaqtli jadval (schedule) tuzish va unga bajarilish vaqtlari bo'yicha cheklovlarni belgilashni ko'rib chiqamiz. Misol uchun, bizda bir nechta topshiriqlar (tasks) bor va har bir topshiriqning boshlanish va tugash vaqti uchun cheklovlar mavjud.

Topshiriqlar:

Topshiriq	**Boshlanish vaqti (t_s)**	**Tugash vaqti (t_e)**	**Davomiylik (minut)**
A	t_{s_A}	t_{e_A}	3
B	t_{s_B}	t_{e_B}	2
C	t_{s_C}	t_{e_C}	4

Cheklovlar:

- har bir topshiriq davomiyligi (tugash vaqti - boshlanish vaqti) ma'lum;

ISSN 3030-3907

- topshiriq B faqat topshiriq A tugagandan keyin boshlanishi mumkin;
- topshiriq C B dan keyin boshlanishi kerak.

Matematik ifoda quyidagicha:

$$t_{e_A} - t_{s_A} = 3;$$
$$t_{e_B} - t_{s_B} = 2;$$
$$t_{e_C} - t_{s_C} = 4;$$

$t_{s_B} \geq t_{e_A}$ (B faqat A tugagandan keyin boshlanadi);

$t_{s_C} \geq t_{e_B}$ (C faqat B tugagandan keyin boshlanadi).

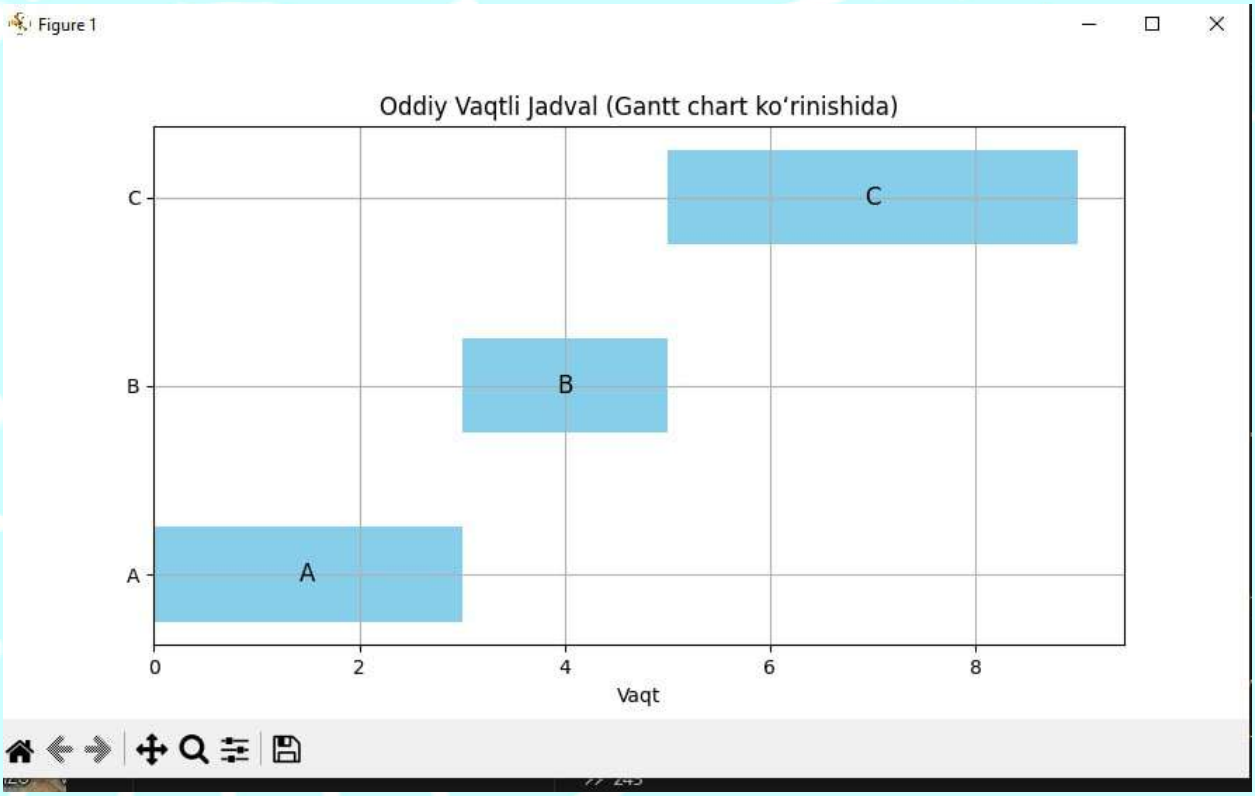
Jadvalni Python va matplotlib yordamida chizish:

```python
import matplotlib.pyplot as plt
# Topshiriqlar va davomiyliklari
tasks = {
    'A': 3,
    'B': 2,
    'C': 4,
}
# Boshlanish va tugash vaqtlari (manually belgilangan cheklovlarga asoslanib)
start_times = {
    'A': 0,
    'B': 3,  # A tugagandan keyin
    'C': 5,  # B tugagandan keyin
}
# Jadvalni chizish
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 3))
for i, task in enumerate(tasks):
    start = start_times[task]
    duration = tasks[task]
    ax.barh(i, duration, left=start, height=0.5, color='skyblue')
    ax.text(start + duration / 2, i, task, ha='center', va='center', color='black',
fontsize=12)
ax.set_yticks(range(len(tasks)))
ax.set_yticklabels(tasks.keys())
ax.set_xlabel('Vaqt')
ax.set_title('Oddiy Vaqtli Jadval (Gantt chart ko‘rinishida)')
ax.grid(True)
plt.show()
```


ISSN 3030-3907

Ushbu kod quyidagilarni hosil qiladi:

- Gantt diagramma ko‘rinishida topshiriqlar ketma-ketligi.
- Har bir topshiriq boshlanish va davomiylik bilan ko‘rsatilgan.
- Topshiriq B faqat A tugagandan so‘ng boshlanadi, C esa B tugagandan so‘ng.



Agar zarur bo‘lsa cheklovlarni avtomatik hisoblash (masalan, constraint propagation yordamida) yoki murakkabroq vazifalar bilan ishlash ham mumkin.

Muhokama (Discussion). Vaqt chegarasi tarmog‘ini (Time Constraint Networks, TCN) modellashtirish, intellektual adaptiv tizimlarda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhit sharoitlariga moslashishni ta'minlashga qaratilgan kompleks jarayonlardan biri. Bunda muhokama qilinadigan asosiy muammolar sifatida quyidagilarni ta`kidlash mumkin.

1. Vaqt cheklovlarining murakkabligi. Vaqt cheklovlari real dunyo tizimlarida ko‘plab o‘zgaruvchan omillarga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Har bir vazifa yoki jarayon o‘zining maksimal va minimal vaqt chegaralariga ega, ammo vaqtning o‘zgaruvchanligi va tizimning reaksiya tezligi bu cheklovlarni aniq hisoblashni qiyinlashtiradi. Vaqt chegaralarini aniq belgilashda tizimdagi noaniqliklar, masalan, resurslarning mavjudligi, texnik xatoliklar, tashqi sharoitlar (yomon ob-havo, trassadagi o‘zgarishlar) va kutilmagan voqealar (masalan, favqulodda holatlar) hisobga olinishi kerak. Shunda, “qanday qilib tizim vaqt cheklovlarini real vaqtda hisoblashda va optimallashtirishda noaniqliklarni boshqarishi mumkin?” degan savol shakllanadi.

2. O‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlik (Adaptivlik). Intellektual tizimlarning asosiy maqsadi – o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlikni

ISSN 3030-3907

ta'minlash. Vaqt chegaralari tarmog‘ini modellashtirishda tizimga yangi cheklovlar yoki sharoitlar kiritilganda, tizimning qanchalik tez va samarali moslashishi kerakligi katta muammolardan biridir. Yangi vaqt cheklovlarini yoki tashqi omillarning o‘zgarishini qabul qilganda tizimning optimal ish faoliyatini saqlash uchun qanday algoritmlar ishlatiladi? Tizimlarning tez va samarali adaptiv javob berish qobiliyati qanday oshirilishi mumkin? Bu masalada qanday algoritmlar yoki metodlar (masalan, heuristik algoritmlar, evolyutsion algoritmlar) samarali hisoblanadi?

3. Transport tarmoqlari, aviatsiya, ishlab chiqarish liniyalari kabi tizimlarda vaqtni boshqarish. Bu kabi tizimlar ko‘plab vaqt cheklovlari va resurslarga ega. Ularni optimallashtirishda tizimdagi barcha o‘zgaruvchilarni va cheklovlarni moslashtirish juda murakkab bo‘lishi mumkin. Bu tizimlarda turli vaqt cheklovlarini boshqarish va ularning o‘zaro ta'sirini hisoblashda qanday metodlar qo‘llaniladi? Bu tizimlar uchun vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda qanday parallel hisoblash usullari yoki vaqtni qisqartirish algoritmlari samarali bo‘lishi mumkin?

4. Vaqt chegarasi tarmog‘ining yechimlarini optimallashtirish. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda yechimlar ko‘pincha bir nechta bo‘lishi mumkin va har bir yechim turli darajada samarali bo‘ladi. Tizimlar optimal yechimni topish uchun ma'lum vaqt davomida o‘zgartirilgan sharoitlarda qarorlar qabul qilishi kerak. Vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday metodologiyalar yordamida tizimning samaradorligini oshirish mumkin? Evristik yondashuvlar, metaheuristik algoritmlar (optimallashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladigan yuqori darajadagi qidiruv strategiyalari) yoki evolyutsion algoritmlar vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday ishlatilishi mumkin? Qaysi usul tizimning tezkor ishlashini ta'minlaydi?

5. Real vaqtni rejalashtirish va resurslarni ta’qsimlash. Real vaqtda va resurslarni optimallashtirishda, vaqt chegaralarini modellashtirish va ularni amaliy jihatdan hal qilishning o‘ziga xos qiyinchiliklari mavjud. Tizimni samarali boshqarish uchun real vaqtda qarorlar qabul qilish va vaqtni qayta taqsimlash kerak bo‘lishi mumkin. Tizimda real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va qaror qabul qilishni qanday amalga oshirish mumkin? Real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va optimallashtirishda qanday algoritmlar samarali bo‘lishi mumkin? Tizimning samaradorligini oshirish uchun qanday optimizatsiya metodlari qo‘llanishi kerak?

6. Noaniqlik va kutilmagan voqealar. Tizimda yuzaga keladigan noaniqliklar yoki kutilmagan voqealar (masalan, resurslarning yetishmasligi, texnik nosozliklar, tashqi sharoitlarning o‘zgarishi) vaqt cheklovlarini modellashtirishni qiyinlashtiradi. Bu holatlarda tizimning o‘zini saqlash va to‘g‘ri qarorlar qabul

ISSN 3030-3907

qilish muhimdir. Noaniqliklar va kutilmagan voqealarni qanday hisobga olish mumkin, va tizimni shu holatda qanday moslashuvchan qilish mumkin? Vaqt cheklovlarining noaniqligini hisobga olishda qanday statistik yoki probabilistik usullar (tasodifiylikni va ehtimolliklarni hisobga olgan holda qarorlar qabul qilish, tahlil qilish va optimallashtirish uchun qo‘llaniladigan metodlar) samarali bo‘lishi mumkin? Noaniqliklarni optimallashtirishda qanday yondashuvlar qo‘llaniladi?

7. Kollaboratsiya (maqsadni amalga oshirish uchun bir yoki bir nechta shaxs yoki guruhlarning birgalikda ishlashi) va ko‘p agentli tizimlar. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda ko‘p agentli tizimlarda agentlar o‘rtasidagi o‘zaro ta'sirlar va resurslarni taqsimlash muammolari ham katta o‘rin tutadi. Tizimlarning kollaborativ ishlashini ta'minlashda vaqt cheklovlarini o‘zaro moslashtirish muhimdir. Ko‘p agentli tizimlarda vaqt cheklovlarini qanday muvofiqlashtirish mumkin? Agentlar o‘rtasida vaqtni taqsimlash va optimal rejalashtirishni ta'minlash uchun qanday algoritmlar yoki yondashuvlar qo‘llanilishi mumkin?

Xulosa. Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish intellektual adaptiv tizimlarda vaqtni optimallashtirish va sharoitlarga moslashtirish uchun muhim vositadir. Bu model, tizimning samarali ishlashini ta'minlash uchun zarur bo‘lgan vaqt va cheklovlarni boshqarishda yordam beradi. Hozirgi kunda vaqt chegaralari va adaptiv tizimlarni modellashtirish, ayniqsa, sun'iy intellekt va robototexnika kabi sohalarda yanada dolzarb bo‘lib bormoqda.

Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirishda ko‘plab muammolar mavjud, ularning eng asosiysi tizimning moslashuvchanligi va vaqt cheklovlarining samarali boshqarilishi hisoblanadi. Katta tizimlarda va real vaqtda vaqt chegaralarini modellashtirish uchun yangi algoritmlar va metodologiyalarni ishlab chiqish zarurati mavjud. Tizimlarning optimallashuvi, noaniqliklarni boshqarish va agentlar o‘rtasidagi kollaboratsiya kabi masalalar muhokama qilinishi kerak.

Constraint Propagation metodologiyasi juda ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Asosiy qo‘llanilish joylari sun'iy intellekt, transport tizimlari, tibbiyot, ishlab chiqarish va optimizatsiya jarayonlarida ko‘rinadi. Unga oid so'nggi ilmiy tadqiqotlar va amaliy qo‘llanmalar, masalan, nufuzli manbalardan [1,2,7] olingan tavsiyalar metodologiyaning turli sohalarda samarali ishlatilishini ta'minlamoqda.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan masalalar bo‘yicha tadqiqotlar va amaliy ishlar, intellektual adaptiv tizimlarning samarali va moslashuvchan ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Dechter, R. (2003). Constraint Processing. Elsevier, Morgan Kaufmann. [Elsevier - Constraint Processing](https://www.elsevier.com/books/constraint-processing/dechter/978-1-55860-890-3)

ISSN 3030-3907

2. Koller, D., & Friedman, N. (2009). Probabilistic Graphical Models. MIT Press. [MIT Press - Probabilistic Graphical Models](https://mitpress.mit.edu/books/probabilistic-graphical-models).
3. Muscettola, N., et al. (1998). HSTS: Hybrid Space-Time Search for Scheduling and Planning. Artificial Intelligence. [Elsevier - HSTS: Hybrid Space-Time Search](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0004370298000365).
4. Benhamou, B., et al. (1994). Constraint Logic Programming. Communications of the ACM. [ACM Digital Library](https://dl.acm.org/doi/10.1145/176588.176641).
5. Trentesaux, D., et al. (2008). Constraint Programming for Multi-Agent Systems. International Journal of Agent-Oriented Software Engineering. [Springer - Constraint Programming for Multi-Agent Systems](https://link.springer.com/article/10.1007/s11062-008-0043-4).
6. Muscholl, M., et al. (2010). Constraint Propagation in Aviation Scheduling. Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication. [AIAA - Constraint Propagation in Aviation Scheduling](https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.47112).
7. Zweben, M., et al. (2000). Medical Resource Allocation Using Constraint Propagation. Journal of Medical Systems. [Springer - Medical Resource Allocation](https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022761522825).
8. Bergamaschi, S., et al. (2011). Constraint Propagation for Data Integration in Database Systems. Information Systems. [ScienceDirect - Constraint Propagation for Data Integration](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437911000719).

ISSN 3030-3907