UDK: 004.8:378.147

OLIY TA'LIMDA DARS JADVALINI AVTOMATLASHTIRILGAN HOLDA TUZISH USULLARI VA ALGORITMLARI

To'xtasinov Mumtozali To'lqinaliyevich*, t.f.n., k.i.x.,*
Raqamli texnologiyalar kafedrasi,
E-mail: mumtozali@gmail.com,
Sadritdinov Nizomiddin Xomiddin o'g'li*, doktorant,*
E-mail: sadritdinovnizomiddin@gmail.com,
Raqamli texnologiyalar kafedrasi,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Mazkur maqolada oliy ta'lim muassasalarida dars jadvalini avtomatik ravishda tuzish masalasi ko'rib chiqilgan. Muammo yechimi sifatida sun'iy intellekt texnologiyalaridan, xususan, genetik algoritmdan foydalanish taklif etiladi. Tadqiqot davomida jadval tuzish jarayonidagi asosiy muammolar – o'qituvchilar, auditoriyalar va guruhlar kabi resurslarning vaqt bo'yicha to'g'ri taqsimlanishi, mavjud cheklov va mezonlarning inobatga olinishi tahlil qilinadi. Taklif etilgan genetik algoritm asosidagi yondashuv dars jadvalini samarali va optimal shaklda shakllantirish imkonini beradi.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается задача автоматического составления расписания занятий в высших учебных заведениях. В качестве решения предлагается использование технологий искусственного интеллекта, в частности, генетического алгоритма. В ходе исследования анализируются основные проблемы процесса составления расписания – правильное распределение ресурсов, таких как преподаватели, аудитории и группы, по времени с учетом существующих ограничений и критериев. Предложенный подход на основе генетического алгоритма позволяет формировать расписание занятий эффективно и оптимально.*

Abstract*: This article examines the problem of automatic class schedule generation in higher education institutions. As a solution, the use of artificial intelligence technologies, particularly the genetic algorithm, is proposed. The research analyzes key issues in the scheduling process, such as the proper allocation of resources – teachers, classrooms, and student groups – over time while considering existing constraints and criteria. The proposed genetic algorithm-based approach enables efficient and optimal timetable generation.*

Kalit so'zlar: *sun'iy intellekt, genetik algoritm, dars jadvali, optimallashtirish, avtomatlashtirish, cheklovlar.*

Ключевые слова: *искусственный интеллект, генетический алгоритм, расписание занятий, оптимизация, автоматизация, ограничения.*

Keywords: *artificial intelligence, genetic algorithm, class schedule, optimization, automation, constraints.*

Kirish. Dars jadvalini yaratish jarayoni murakkab kombinator optimallashtirish muammosiga kiradi [1-3]. Ushbu jarayonda ko'plab mezonlar va cheklovlarni hisobga olish zarur. Odatda jadval tuzish amaliyoti qo'lda bajariladi, bu esa katta vaqt sarfi va inson omiliga bog'liq xatoliklarni keltirib chiqaradi. Shu sababli, dars jadvalini avtomatik tarzda tuzish zamonaviy ta'lim tizimida dolzarb masala hisoblanadi. Ushbu maqolada dars jadvalini avtomatik shakllantirish masalani Genetik algoritm [2,4,5] asosida yechish usullari keltirilgan.

1. Masalaning matematik ifodasi va belgilashlar

Qo'tilgan masala doirasida quyidagicha matematik belgilashlarni joriy qilamiz:

- $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ - guruhlar to'plami
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ - o'qituvchilar to'plami

- $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ - xonalar to‘plami
- $S = \{s_1, s_2, \dots, s_p\}$ - fanlar to‘plami
- $D = \{d_1, d_2, \dots, d_a\}$ - kunlar to‘plami
- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_b\}$ - soatlar to‘plami
- Time $= D \times P = \{(d_i, p_j) \mid d_i \in D, p_j \in P\}$ - vaqt intervallari (masalan, paralar)

Har bir dars beshlik orqali ifodalanadi:

- lesson $= (g, t, r, s, \tau)$, bu yerda: τ - vaqt intervali (d, p) juftligi, $\tau \in$ Time .

Masalaning umumiy sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Dars jadvalini shakllantirishning umumiy sxemasi

2. Cheklovlar tizimi

Sifatli dars jadvalini tuzish uchun ba’zi cheklovlarni kiritamiz.

2.1. **Qattiq cheklovlar (Hard Constraints)**

H_1: Bir vaqtda bir guruh uchun faqat bitta dars:

$$\forall g \in G, \forall \tau \in \text{Time}: \sum \delta(\text{lesson}.g = g \wedge \text{lesson}.\tau = \tau) \leq 1$$

bu yerda δ - Kronecker deltasi, shart bajarilganda 1, aks holda 0 bo‘ladi.

H_2: Bir vaqtda bir o‘qituvchi uchun faqat bitta dars:

$$\forall t \in T, \forall \tau \in \text{Time}: \sum \delta(\text{lesson}.t = t \wedge \text{lesson}.\tau = \tau) \leq 1$$

H_3: Bir vaqtda bir xonada faqat bitta dars:

$$\forall r \in R, \forall \tau \in \text{Time}: \sum \delta(\text{lesson}.r = r \wedge \text{lesson}.\tau = \tau) \leq 1$$

2.2. **Yumshoq cheklovlar (Soft Constraints)**

S_1: Ma'ruzalar ertalabki soatlarda bo'lishi tavsiya etiladi:

$$F_{\text{lecture}} = \sum_{\text{lecture}\in L} w_{\text{early}} \times f_{\text{period}}(\text{lecture}.\tau)$$

bu yerda: L - ma'ruza darslari to'plami; w_{early} - ertalabki soatlar uchun og'irlik koeffitsiyenti; $f_{\text{period}}(\tau)$ - vaqt intervalining raqami.

S_2: Amaliy darslar ma'ruzalardan keyin bo'lishi tavsiya etiladi:

$$F_{\text{order}} = \sum_{d\in D} \text{penalty} \times \sum_{g\in G} \text{violation_count}\,(g,d)$$

bu yerda $\text{violation_count}(g,d)$ - g guruh uchun d-kuni tartib buzilishlari soni.

S_3: Ish yuki muvozanati:

$$F_{\text{balance}} = \frac{1}{|T|} \times \sum_{t\in T} (w(t) - \mu)^2$$

bu yerda:

$w(t)$ - t-o'qituvchining ish yuki; $\mu = \frac{\sum_{t\in T} w(t)}{|T|}$ - o'rtacha ish yuki.

3. Genetik algoritm arxitekturasi

Har bir xromosoma dars jadvalining bir variantini ifodalaydi:

$$\text{Chromosome} = \{\text{lesson}_{\mathbf{1}}, \text{lesson}_{\mathbf{2}}, \dots, \text{lesson}_{\boldsymbol{N}}\}$$

Bu yerda N - jami darslar soni.

4. Fitness funktsiyasi

Fitness funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$F(x) = \text{Base} - [w_1 C_1(x) + w_2 C_2(x) + w_3 C_3(x) + w_4 C_4(x) + w_5 C_5(x)]$$

bu yerda:

$\text{Base} = 10000$ - boshlang'ich fitness qiymati; $C_1(x)$ - konfliktlar soni; $C_2(x)$ - bo'sh vaqt oralig'idagi jarayonlar; $C_3(x)$ - kechki darslar soni; $C_4(x)$ - ish yuki nomuvozanati; $C_5(x)$ - dars tartibining buzilishi; w_i - og'irlik koeffitsiyentlari.

5. Konfliktlarni hisoblash

Konfliktlar (bir joyda bittadan ortiq resurs to'g'ri kelib qolish yoki parallellik holatlari) soni quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$C_1(x) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=i+1}^{N} \delta\,(\tau_i = \tau_j) \times \left[\delta(g_i = g_j) + \delta(t_i = t_j) + \delta(r_i = r_j)\right]$$

6. Ish yukini muvozanatlash

Ish yuki nomuvozanati dispersiya orqali ifodalanadi:

$$C_4(x) = \frac{1}{m} \times \sum_{k=1}^{m} (w(t_k) - \mu)^2$$

bu yerda:

$w(t_k) = \sum_{i=1}^{N} \delta\,(t_i = t_k)$ - k-o'qituvchining darslari soni; $\mu = \frac{\sum_{k=1}^{m} w(t_k)}{m}$ - o'rtacha ish yuki, m - o'qituvchilar soni.

7. Vaqt oralig'i jarimalari

Bo'sh vaqt oralig'idagi jarayonlar:

$$C_2(x) = \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} \text{gap_penalty}\,(t, d)$$

Bu yerda $\text{gap_penalty}(t, d)$ - t-o‘qituvchining d-kuni bo‘sh vaqt oralig‘idagi jarimalar.

8. Genetik operatorlar

8.1. **Dastlabki populyatsiya**

Dastlabki populyatsiya tasodifiy yaratiladi:

$$P_0 = \{x_1, x_2, \dots, x_{\text{pop_size}}\}$$

Har bir xromosoma uchun:

$$\boldsymbol{x_i} = \{\boldsymbol{\tau_1}, \boldsymbol{\tau_2}, \dots, \boldsymbol{\tau_N}\},$$

bu yerda $\boldsymbol{\tau_j} \in$ Time; $\boldsymbol{N}$ - jami darslar soni.

8.2. **Seleksiya (Turnir tanlovi)**

Turnir tanlovi quyidagicha amalga oshiriladi:

$$\text{parent} = \textbf{argmax}\{\boldsymbol{F(x)} \mid \boldsymbol{x} \in \text{tournament_group}\}$$

bu yerda tournament_group - populyatsiyadan tasodifiy tanlangan k ta xromosoma.

8.3. **Krossover operatori**

$$\text{child}.\boldsymbol{\tau_j} = \begin{cases} \text{parent}_1.\boldsymbol{\tau_j}, & \text{agar } \boldsymbol{u_j < 0.5} \\ \text{parent}_2.\boldsymbol{\tau_j}, & \text{aks xolda} \end{cases}$$

bu yerda $u_j \sim \text{Uniform}(0,1)$ - tasodifiy son.

8.4. **Mutatsiya operatori**

$$\tau_j^{\text{new}} = \begin{cases} (d_i^{\text{new}}, p_j^{\text{new}}), & \text{agar } v < \text{mutation_rate} \\ \tau_j, & \text{aks xolda} \end{cases}$$

bu yerda:

$d_i^{\text{new}} \sim \text{Uniform}\{1, |D|\}$; $p_j^{\text{new}} \sim \text{Uniform}\{1, |P|\}$; $v \sim \text{Uniform}(0,1)$

9. Adaptiv parametrlar boshqaruvi

9.1. ***Dinamik mutatsiya darajasi***

Mutatsiya darajasi quyidagicha sozlanadi:

$$\text{mutation_rate}(t) = \max(0.05,\ 0.9 \times \text{mutation_rate}(t-1) + 0.1 \times \text{target_mutation}(t))$$

$$\text{target_mutation}(t) = \min(0.5,\ 0.1 + \text{stagnation}(t) \times 0.02)$$

9.2. ***Populyatsiya xilma-xilligi***

Populyatsiya xilma-xilligi quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{diversity}(P) = \frac{1}{|P| \times \text{samples}} \times \sum_{i=1}^{|P|} \sum_{j=1}^{\text{samples}} \text{distance}\,(x_i, x_j)$$

bu yerda $\text{distance}(x_i, x_j)$ - ikkita xromosoma o‘rtasidagi masofa:

$$\text{distance}(x_i, x_j) = \frac{1}{N} \times \sum_{k=1}^{N} \delta\,(\tau_k^{(i)} \neq \tau_k^{(j)})$$

10. Global optimallashtirish

10.1. ***Ko‘p jadval turlari uchun global cheklovlar***

Turli jadval turlari (haftalik, surat, maxraj) uchun global cheklovlar:

$$\text{GlobalConflict}(\text{lesson}, \tau) = \delta(\tau \in \text{OCC}_{\text{group}}[\text{lesson}.g] \vee$$
$$\tau \in \text{OCC}_{\text{teacher}}[\text{lesson}.t] \vee \tau \in \text{OCC}_{\text{room}}[\text{lesson}.r])$$

bu yerda:

$\text{OCC}_{\text{group}}[g]$ - g guruh band qilgan vaqt intervallari; $\text{OCC}_{\text{teacher}}[t]$ - t o‘qituvchi band qilgan vaqt intervallari; $\text{OCC}_{\text{room}}[r]$ - r xona band qilgan vaqt intervallari.

10.2. ***Global fitness funktsiyasi***

Global fitness funktsiyasi quyoidagicha xisoblanadi:

$$F_{\text{global}}(x) = F(x) - w_{\text{global}} \times \sum_{i=1}^{N} \text{GlobalConflict}\,(\text{lesson}_i, \tau_i)$$

Xulosa. **Genetik algoritm asosida ishlab chiqilgan yechim quyidagi ustunliklarga ega:**

1. Ko‘p mezonli optimallashtirish – bir nechta shart va cheklovlarni bir vaqtning o‘zida inobatga olish imkoniyati;
2. Moslashuvchanlik – turli xil cheklovlar va o‘zgaruvchan talablarga tez moslashish;
3. Global optimal yechim – lokal minimumlarda to‘xtab qolmaslik imkonini beradi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, genetik algoritmlar dars jadvalini avtomatik tuzish muammosini samarali hal eta oladi. Hozirda mualliflar jamoasi yuqoridagi usul va algoritmlar asosida yaratilgan amaliy dasturni sinovdan o‘tkazmoqdalar. Shu bilan birga, ushbu yo‘nalishdagi ishlanmalarni yanada takomillashtirish ustida ilmiy izlanishlarni davom ettirmoqdalar.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Burke, E. K., & Petrovic, S. (2002). Recent research directions in automated timetabling. European Journal of Operational Research.
2. Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.
3. Lewis, R. (2008). A survey of metaheuristic-based techniques for university timetabling problems.
4. M.T.To‘xtasinov, N.X.Sadritdinov. O‘zbekiston va rivojlangan davlatlar ta'lim tizimida avtomatlashtirilgan dars jadvalini tuzish tajribalari. “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali, ISSN 2181-4252, Tom: 1, Son: 2, 2025-yil, 57-60 b.
5. M.T.To‘xtasinov, N.X.Sadritdinov. Dars jadvalini onlayn boshqarishda o‘zbekiston va janubiy koreya tajribasi // “Transport va yo‘l muhandisligi istiqbollari va muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy va ilmiy-texnik konferentsiya materiallari to‘plami, 27-Mart, 2025, Namangan muhandislik-qurilish institute, 858-861 b.