

**O‘QUV GURUHLARI, O‘QITUVCHILAR VA AUDITORIYALARNI
TAQSIMLASHDAGI CHEKLOVLAR HAMDA MEZONLAR TIZIMINI ISHLAB
CHIQISH**

Shamshod Turayev Faxriddin o‘g‘li

Osiyo xalqaro universiteti, «Umumtexnik fanlar» kafedrasida magistranti.

Lobar Erkinova Hamza qizi

*Xalqaro innovatsion universiteti, «Aniq fanlar, yer kadastrisi va
kommunal xo‘jaligi» kafedrasida o‘qituvchisi*

E-mail: lobar5354@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘quv guruhlari, o‘qituvchilar va auditoriyalarni taqsimlash jarayonini formal modellashtirish asosida dars jadvalini avtomatik shakllantirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda har bir mashg‘ulot o‘quv guruhi, professor -o‘qituvchi va fan kombinatsiyasi sifatida qaralib, ularni vaqt va auditoriya bo‘yicha optimal taqsimlash uchun matematik model ishlab chiqilgan. Modelning asosiy elementi sifatida binar qaror o‘zgaruvchisi tanlanib, u orqali har bir mashg‘ulotning qaysi auditoriyada va qaysi vaqt oralig‘ida o‘tkazilishi formal ifodalangan. Ishda dars jadvalini shakllantirishga ta‘sir qiluvchi cheklovlar ikki guruhga ajratilgan: qat‘iy cheklovlar va qo‘shimcha sifat mezonlari. Qat‘iy cheklovlar tarkibiga har bir mashg‘ulotning yagona vaqt va auditoriyaga bir iktirilishi, auditoriyada bir vaqtning o‘zida faqat bitta mashg‘ulot o‘tkazilishi, bir guruh yoki bir o‘qituvchining bir vaqtda bir nechta mashg‘ulotga jalb qilinmasligi, auditoriya sig‘imining guruh soniga mosligi, fan turiga mos auditoriyani tanlash, o‘qituvchi va guruhlarning band vaqt oralig‘larini hisobga olish hamda fan yuklamasining to‘liq bajarilishi kabi talablar kiritilgan. Ushbu cheklovlar dars jadvalining amaliy jihatdan yaroqli, ziddiyatsiz va akademik rejalariga mos bo‘lishini ta‘minlaydi.

Shuningdek, modelda jadval sifatini oshirishga xizmat qiluvchi qo‘shimcha mezonlar ham kiritilgan. Jumladan, o‘qituvchilar uchun noqulay vaqtlarni kamaytirish, guruhlar yuklamasini hafta kunlari bo‘yicha muvozanatlash, auditoriya fondidan samarali foydalanish, maxsus auditoriyalarni faqat zarur mashg‘ulotlar uchun saqlash hamda qayta rejalashtirishda jadval barqarorligini ta‘minlash mezonlari jarima funksiyalari orqali ifodalangan. Ushbu mezonlar vaznli yig‘indi ko‘rinishidagi umumlashgan maqsad funksiyasiga birlashtirilgan bo‘lib, natijada nafaqat ziddiyatsiz, balki sifat jihatidan optimal dars jadvalini shakllantirish imkoniyati yaratilgan.

Kalit so‘zlar. *o‘quv guruhlari, o‘qituvchilar, auditoriyalar, dars jadvali, taqsimlash, cheklovlar tizimi, optimallashtirish mezonlari, resurslarni boshqarish, ta‘lim jarayonini rejalashtirish, avtomatik jadval tuzish, majburiy cheklovlar, afzal mezonlar.*

Kirish

Ta‘lim jarayonini samarali tashkil etish oliy ta‘lim muassasalarida boshqaruvning muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, o‘quv guruhlari, professor-o‘qituvchilar va auditoriyalarni vaqt oralig‘lari bo‘yicha oqilona taqsimlash masalasi amaliy jihatdan murakkab hamda ko‘p mezonli optimallashtirish muammosi sifatida namoyon bo‘ladi. Mazkur masalada o‘quv rejalari, fanlar hajmi, guruhlar soni, auditoriyalar sig‘imi, maxsus jihozlangan xonalar, o‘qituvchilarning bandlik va afzalliklari kabi ko‘plab omillar bir vaqtning o‘zida inobatga olinadi. Shu sababli dars jadvalini qo‘lda shakllantirish ko‘pincha katta mehnat talab qiladi, inson omili ta‘sirida ziddiyatlar yuzaga keladi va resurslardan foydalanish samaradorligi pasayadi. Bugungi kunda educational timetabling yo‘nalishi aynan mana shunday muammolarni formal modellashtirish va avtomatlashtirilgan yechimlar ishlab chiqishga qaratilgan alohida ilmiy yo‘nalish sifatida shakllangan.

Jadval tuzish muammolarining nazariy asoslari dastlab D. de Werra [1] ishlari bilan tizimlashtirilgan bo‘lib, u timetabling masalasini kombinator optimallashtirish doirasida ko‘rib chiqqan va ushbu sohani mustaqil tadqiqot yo‘nalishi sifatida shakllantirishga muhim hissa qo‘shgan. Keyingi yillarda bu yo‘nalish universitet kurs jadvali, imtihon jadvali va maktab jadvali kabi bir nechta standart modellar ko‘rinishida rivojlandi. Zamonaviy sharhlarda educational timetabling bo‘yicha bir necha tipik formulirovkalar, benchmark to‘plamlar va yechim usullari shakllangani ko‘rsatiladi. Bu esa masalaning nafaqat amaliy, balki nazariy va algoritmik jihatdan ham chuqur ishlab chiqilganini anglatadi.

Mazkur yo‘nalishda faoliyat olib borgan olimlar orasida S. Daskalaki va hamkorlari [2] alohida o‘rin tutadi. Ularning ishlarida universitet jadvalini tuzish masalasi butun sonli dasturlash modeli asosida ifodalaniib, ikki bosqichli relaksatsiya usuli yordamida yechish taklif etilgan. Ushbu yondashuv qat‘iy cheklovlarni formal ravishda belgilash va murakkab cheklovlarni bosqichma-bosqich tiklash orqali yechim topish imkonini beradi. Bunday yondashuv ta‘lim jarayonidagi resurslar taqsimotini matematik modellashtirish uchun muhim metodologik asos yaratgan.

C. Valouxis va E. Housos [3] ishlarida esa jadval tuzish masalasi constraint programming asosida ko‘rib chiqilgan. Ular maktab jadvalini shakllantirishda cheklovli dasturlashning ma‘lumotlarni boshqarish va qidiruv fazosini qisqartirishdagi ustunliklarini ko‘rsatib bergan. Shu bilan birga, cheklovli dasturlash operatsion tadqiqotlar usullari bilan birgalikda qo‘llanganda samaraliroq natija berishi ta‘kidlangan. Ushbu ilmiy yondashuv dars jadvali

masalasida “qat’iy cheklovlar” va “yumshoq cheklovlar”ni alohida guruhlarga ajratish zaruratini amaliy jihatdan asoslab beradi [5,6].

E. Burke va hamkorlari esa educational timetabling [4] masalalarida hyper-heuristic yondashuvni rivojlantirgan. Ularning tadqiqotlarida graf bo‘yash heuristikalari va tabu search asosida umumiy maqsadli, moslashuvchan algoritmik sxema taklif qilingan. Bu yondashuvning afzalligi shundaki, u bitta muassasa yoki bitta turdagi jadval bilan cheklanmay, turli ko‘rinishdagi jadval tuzish muammolariga moslashishi mumkin. Demak, zamonaviy tadqiqotlarda masalaning universal algoritmik yechimini topish emas, balki cheklovlar tizimiga moslashuvchi modellarni ishlab chiqish asosiy tendensiyalardan biri hisoblanadi.

So‘nggi tadqiqotlarda esa jadval sifati faqat ziddiyatlarning yo‘qligi bilan emas, balki adolatlilik, barqarorlik va resurslardan foydalanish samaradorligi bilan ham baholanmoqda. Xususan, M. Mühlenthaler [7,8] ishlarida academic course timetabling masalasida fairness, ya’ni yuklamani va noqulayliklarni muvozanatli taqsimlash masalasi alohida ko‘rib chiqilgan. Ceschia va hamkorlari esa educational timetabling bo‘yicha keng qamrovli sharhida sohaga oid standart formulirovkalar, benchmarklar va engilg‘or natijalarni umumlashtirgan. Bu holat zamonaviy modellar tarkibida sifat mezonlari va ko‘p mezonli optimallashtirish funksiyalarini kiritish zarurligini ko‘rsatadi.

Tahlil qilingan ilmiy ishlardan ko‘rinadiki, dars jadvalini tuzish masalasi bo‘yicha turli matematik va algoritmik yondashuvlar ishlab chiqilgan bo‘lsa-da, har bir ta’lim muassasasining o‘ziga xos tashkiliy talablari mavjud. Ayniqsa, o‘quv guruhlari sonining ko‘pligi, auditoriyalar turlarining xilma-xilligi, professor-o‘qituvchilar yuklamasining notekisligi hamda maxsus laboratoriya va kompyuter xonalaridan foydalanish zarurati masalani yanada murakkablashtiradi. Shu sababli ushbu tadqiqotda o‘quv guruhlari, o‘qituvchilar va auditoriyalarni taqsimlashdagi cheklovlar hamda sifat mezonlarini yagona formal model doirasida ifodalashga alohida e’tibor qaratiladi.

Mazkur ishning ilmiy yangiligi shundan iboratki, dars jadvali “fan” darajasida emas, balki “aniq mashg‘ulot” darajasida modellashtiriladi. Har bir mashg‘ulot o‘quv guruhi, uni olib boruvchi o‘qituvchi va tegishli fan uchligi ko‘rinishida ifodalanadi. Bu esa har bir dars blokini alohida resurs birligi sifatida qarab, uni auditoriya va vaqt oralig‘iga biriktirish imkonini beradi. Natijada model nafaqat ziddiyatsiz jadval hosil qilish, balki o‘qituvchi afzalliklari, guruh yuklamasining muvozanati, auditoriyadan foydalanish samaradorligi va qayta rejalashtirishdagi barqarorlik kabi mezonlarni ham optimallashtirishga xizmat qiladi.

Metodologiya

Har bir mashg‘ulot ma’lum bir o‘quv guruhi, uni olib boruvchi o‘qituvchi va tegishli fan bilan tavsiflanadi. Shu ma’noda har bir mashg‘ulot quyidagi ko‘rinishda qaraladi

$$l_k = (g_i, p_j, d_h)$$

bu yerda l_k – k -mashg‘ulot, g_i - mazkur mashg‘ulot o‘tiladigan guruh, p_j - uni olib boruvchi professor-o‘qituvchi, d_h esa tegishli fan hisoblanadi. Barcha mashg‘ulotlar to‘plami

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_N\}$$

ko‘rinishida qaraladi. Mazkur yondashuvning afzalligi shundaki, u dars jadvalini “fan” darajasida emas, balki “aniq mashg‘ulot” darajasida modellashtirish imkonini beradi. Natijada har bir dars blokini alohida resurs birligi sifatida taqsimlash mumkin bo‘ladi.

Matematik modelning real tizimga mos bo‘lishi uchun har bir obyektga tegishli miqdoriy va sifat tavsiflari parametrlar sifatida kiritiladi. Xususan, har bir o‘quv guruhi uchun talabalar soni

$$N_i = \text{group size of } g_i$$

bilan ifodalanadi. Har bir auditoriya uchun sig‘im

$$C_j = \text{capacity of } a_j$$

orqali aniqlanadi. Bundan tashqari, auditoriyaning turi ham hisobga olinadi:

$$U_j \in \{ \text{oddiy, kompyuter, laboratoriya, maxsus} \}.$$

Mazkur parametr darsning mazmuniy xususiyati bilan auditoriyaning texnik imkoniyatlari o‘rtasidagi moslikni ta‘minlashga xizmat qiladi.

Har bir fan uchun esa zarur auditoriya turi

$$R_h \in \{ \text{oddiy, kompyuter, laboratoriya, maxsus} \}$$

ko‘rinishida belgilanadi. Misol sifatida qaraydigan bo‘lsak, dasturlash yoki axborot texnologiyalariga oid amaliy mashg‘ulotlar kompyuter xonasini, tabiiy fanlar bo‘yicha tajriba ishlari laboratoriya xonasini talab qilishi mumkin. Demak, modelda fan turi va auditoriya turi o‘rtasidagi semantik moslik alohida cheklov sifatida nazarda tutiladi.

Mazkur optimallashtirish modelining markaziy elementi sifatida binar qaror o‘zgaruvchisi tanlanadi:

$$x_{kjt} = \begin{cases} 1, & \text{agar } l_k \text{ mashg‘uloti } a_j \text{ auditoriyada } t \text{ vaqtda o‘tkazilsa;} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

Ushbu o‘zgaruvchi har bir mashg‘ulotning qaysi auditoriyada va qaysi vaqt oralig‘ida o‘tkazilishini ifodalaydi. Modelning barcha qat‘iy va qo‘shimcha sifat cheklovlari aynan shu qaror o‘zgaruvchisi orqali tavsiflanadi. Boshqacha aytganda, x_{kjt} o‘zgaruvchisi jadvalning butun tuzilishini formal ravishda aks ettiruvchi asosiy boshqaruv mexanizmi hisoblanadi. Agar barcha x_{kjt} qiymatlari aniqlansa, unda dars jadvali to‘liq shakllangan deb qaraladi.

Qat‘iy cheklovlar modelning majburiy talablarini ifodalaydi. Ular buzilgan taqdirda hosil bo‘lgan yechim amaliy jihatdan yaroqsiz deb topiladi. Shu bois optimallashtirish jarayonida ushbu cheklovlar to‘liq bajarilishi shart.

Har bir mashg‘ulot yagona vaqt va yagona auditoriyaga birlashtirilishi lozim:

$$\sum_{j=1}^r \sum_{t=1}^s x_{kjt} = 1, \quad \forall k = 1, \dots, N.$$

Mazkur cheklovning mazmuni shundan iboratki, biror mashg‘ulot jadvalga umuman kiritilmay qolmasligi ham, aksincha bir necha marta takroran joylashtirilmasligi ham kerak emas. Bu shart jadvalning to‘liqligi va yagona tayinlanishini ta‘minlaydi.

Fizik resurs sifatida auditoriya bir vaqtning o‘zida faqat bitta darsni qabul qila oladi. Bu talab quyidagicha ifodalanadi:

$$\sum_{k=1}^N x_{kjt} \leq 1, \quad \forall j, \quad \forall t.$$

Natijada auditoriya kolliziyalari, ya‘ni bir xil xona va bir xil vaqtga bir nechta darsni birlashtirish holatlari bartaraf etiladi.

Agar $K(g_i) - g_i$ guruhga tegishli barcha mashg‘ulotlar to‘plami bo‘lsa, u holda

$$\sum_{k \in K(g_i)} \sum_{j=1}^r x_{kjt} \leq 1, \quad \forall i, \quad \forall t.$$

Bu cheklov bir guruh talabalarining bir vaqtda ikki yoki undan ortiq darsga birlashtirib qo‘yilishining oldini oladi. Ta‘lim jarayonining mantiqiyliги aynan shu shart bilan ta‘minlanadi.

Agar $K(p_j) - p_j$ o‘qituvchiga tegishli mashg‘ulotlar to‘plami bo‘lsa, quyidagi cheklov o‘rinli bo‘ladi

$$\sum_{k \in K(p_j)} \sum_{u=1}^r x_{kut} \leq 1, \quad \forall j, \quad \forall t.$$

Mazkur shart professor-o‘qituvchining pedagogik faoliyatini to‘g‘ri rejalashtirishga xizmat qiladi va darslar o‘rtasidagi vaqt bo‘yicha konfliktlarni bartaraf etadi.

Agar l_k mashg‘uloti g_i guruhga tegishli bo‘lsa, u holda auditoriya sig‘imi talabalar sonini qoplashi kerak

$$N_i \cdot x_{kjt} \leq C_j, \quad \forall k, j, t.$$

bu cheklov real ta‘lim muhitidagi fizik imkoniyatlarni ifodalaydi. Natijada talabalar soni auditoriya o‘rindig‘idan ortib ketadigan holatlar istisno qilinadi. Mazkur shart nafaqat tashkiliy qulaylikni, balki sanitariya-gigiyena hamda xavfsizlik talablarini ham bilvosita ta‘minlaydi.

Agar d_h faniga R_h turdagi auditoriya talab etilsa, u holda faqat shu talabni qanoatlantiruvchi auditoriyalarga birlashtirishga ruxsat beriladi. Formal ravishda

$$x_{kjt} = 0, \text{ agar } U_j \neq R_h.$$

mazkur cheklov fan mazmuni bilan auditoriya funksional imkoniyatlari o‘rtasidagi moslikni ta’minlaydi. Bu ayniqsa laboratoriya va kompyuter amaliyotlari uchun muhim ahamiyatga ega.

Agar p_j o‘qituvchi ma’lum t vaqt oralig‘ida dars o‘ta olmasa, u holda ushbu o‘qituvchiga tegishli mashg‘ulotlar o‘sha vaqtda rejalashtirilmaydi:

$$x_{kjt} = 0, \forall k \in K(p_j).$$

Mazkur cheklov real mehnat jadvali, xizmat safari, metodik kun yoki boshqa tashkiliy omillarni hisobga olish imkonini beradi.

Agar biror guruh uchun ayrim vaqt oralig‘lari band yoki yopiq deb belgilangan bo‘lsa, unda shu vaqtlarga dars joylashtirish mumkin emas

$$x_{kjt} = 0.$$

Bu cheklov parallel o‘quv jarayonlari, umumuniversitet tadbirlari, malakaviy amaliyot yoki boshqa tashkiliy sabablarga ko‘ra zarur bo‘lishi mumkin.

Agar $H_h - d_h$ fan bo‘yicha haftasiga o‘tilishi zarur bo‘lgan mashg‘ulotlar sonini ifodalasa, unda ushbu yuklama to‘liq bajarilishi shart:

$$\sum_{k \in K(d_h)} \sum_{j=1}^r \sum_{t=1}^s x_{kjt} = H_h.$$

Mazkur cheklov ta’lim reja va fan dasturlarida belgilangan hajmning to‘liq bajarilishini kafolatlaydi. Shunday qilib, model nafaqat vaqt va resurs cheklovlarini, balki o‘quv rejaning akademik talablarini ham inobatga oladi.

Amaliy jadval tuzishda barcha talablar qat’iy xarakterga ega bo‘lavermaydi. Ayrim mezonlar buzilgan taqdirda jadval ishlashda davom etishi mumkin, biroq uning sifati pasayadi. Bunday talablar qo‘shimcha sifat cheklovlar deb yuritiladi va ular optimallashtirish jarayonida jarima funksiyalari yordamida minimallashtiriladi.

Har bir o‘qituvchi uchun ayrim vaqt oralig‘lari nisbatan noqulay bo‘lishi mumkin. Agar $w_{jt}^{(p)}$ ushbu noqulaylik darajasini ifodalovchi og‘irlik koeffitsienti bo‘lsa, u holda tegishli jarima

$$S_1 = \sum_k \sum_j \sum_t w_{jt}^{(p)} x_{kjt}$$

ko‘rinishida aniqlanadi.

Agar guruhning barcha mashg‘ulotlari ayrim kunlarga haddan tashqari ko‘p jamlanib qolsa, o‘quv yuklama notekis taqsimlanadi. Bu holat talabalar uchun noqulay bo‘lib, o‘zlashtirish sifatiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Agar $y_{id} - g_i$ guruhning d -

kundagi mashg‘ulotlari soni, \bar{y}_i esa shu guruh uchun o‘rtacha kundalik yuklama bo‘lsa, jarima funksiyasi

$$S_2 = \sum_i \sum_d |y_{id} - \bar{y}_i|$$

ko‘rinishida olinadi. Mazkur mezon guruh uchun bir kun juda og‘ir, boshqa kun esa juda yengil bo‘lib qolishining oldini olishga qaratilgan.

Agar kichik guruh juda katta auditoriyaga joylashtirilsa, resurslardan foydalanish samaradorligi pasayadi. Shu sababli auditoriya sig‘imi va guruh soni o‘rtasidagi ortiqcha farqni kamaytirish maqsadga muvofiqdir. Agar l_k mashg‘uloti g_i guruhga tegishli bo‘lsa, mos jarima

$$S_3 = \sum_k \sum_j \sum_t (C_j - N_i) x_{kjt}$$

ko‘rinishida ifodalanadi. Bu mezonning minimallasuvi auditoriya fondidan oqilona foydalanishga, ayniqsa katta sig‘imli auditoriyalarni zarurat bo‘lgan holatlarda saqlab qolishga yordam beradi.

Laboratoriya, kompyuter yoki boshqa maxsus auditoriyalar odatda cheklangan va qimmat resurs hisoblanadi. Mazkur mezon maxsus resurslarni haqiqatan ham ularni talab qiladigan mashg‘ulotlar uchun saqlashga xizmat qiladi. Oddiy nazariy mashg‘ulotlarni bunday auditoriyalarga joylashtirish maxsus resurslardan samarasiz foydalanishga olib keladi. Shu sababli quyidagi jarima funksiyasi kiritiladi

$$S_4 = \sum_k \sum_j \sum_t \beta_{kj} x_{kjt},$$

bu yerda β_{kj} - agar maxsus auditoriya real zarurat bo‘lmasa, katta qiymat oluvchi koeffitsient.

Amaliyotda jadval doimo noldan tuzilmaydi. Ko‘pincha mavjud jadvalga ayrim o‘zgarishlar kiritish zarur bo‘ladi. Ushbu mezon qayta rejalashtirish jarayonida barqarorlikni saqlashga, talabalar va o‘qituvchilar uchun kutilmagan katta o‘zgarishlarni kamaytirishga imkon yaratadi. Bunday vaziyatda yangi jadvalning oldingi jadvaldan keskin farq qilmasligi muhim. Agar x_{kjt}^0 — amaldagi jadvalni ifodalovchi o‘zgaruvchi bo‘lsa, og‘ish jarimasi

$$S_5 = \sum_k \sum_j \sum_t |x_{kjt} - x_{kjt}^0|$$

ko‘rinishida beriladi.

Yuqorida keltirilgan qo‘shimcha sifat cheklovlar turli sifat mezonlarini ifodalaydi. Ularni birlashtirish uchun vaznli yig‘indi asosidagi umumlashgan maqsad funksiyasi qo‘llaniladi

$$\min Z = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5.$$

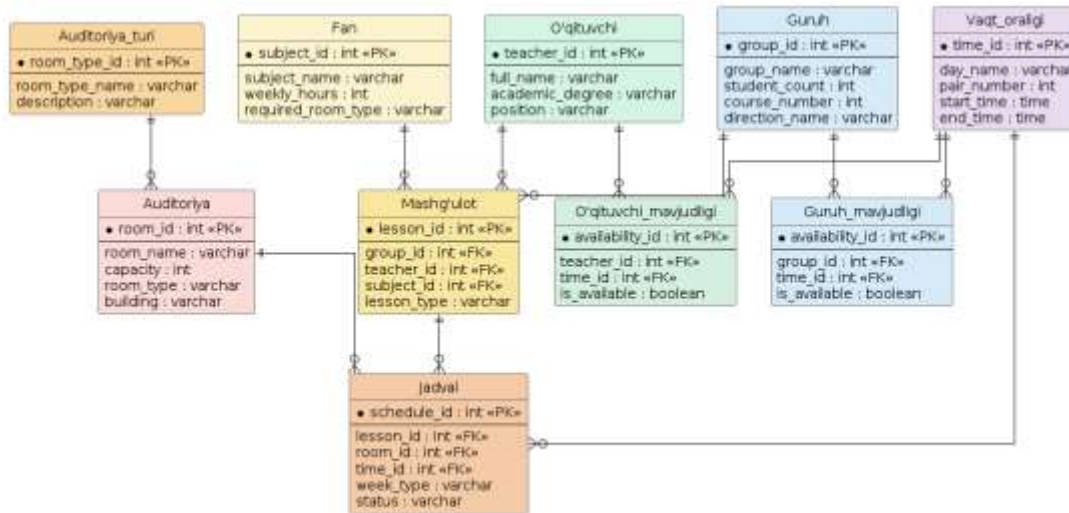
bu yerda α_1 -o‘qituvchi afzalliklarini hisobga olish darajasi, α_2 - guruh yuklamasi muvozanatining ahamiyati, α_3 - auditoriyadan foydalanish samaradorligi og‘irligi, α_4 - maxsus auditoriyalarni asrash darajasi, α_5 - qayta rejalashtirishdagi barqarorlik mezonini. Mazkur yondashuvning mohiyati shundan iboratki, jadval faqat mavjud bo‘lishi bilan emas, balki bir vaqtning o‘zida bir nechta sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha ham optimal bo‘lishi kerak. Agar zarur bo‘lsa, model ko‘p mezonli optimallashtirish masalasi sifatida ham qaralishi mumkin. $\min(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5)$, bu yerda har bir Z_i alohida sifat mezonini ifodalaydi.

Natija va muhokamalar

Tadqiqot natijasida o‘quv guruhlari, o‘qituvchilar va auditoriyalarni taqsimlash masalasi uchun ko‘p mezonli matematik model ishlab chiqildi. Mazkur modelda dars jadvali alohida fanlar kesimida emas, balki aniq mashg‘ulotlar darajasida ifodalandi. Har bir mashg‘ulotning o‘quv guruhi, uni olib boruvchi professor-o‘qituvchi va tegishli fan bilan bog‘langan holda tavsiflanishi jadval tuzish jarayonini yanada aniqroq formalizatsiya qilish imkonini berdi. Shu yondashuv orqali resurslar taqsimoti bir butun optimallashtirish muhiti doirasida ko‘rib chiqildi va bu esa amaliy jihatdan qo‘llash mumkin bo‘lgan, ziddiyatsiz hamda moslashuvchan jadval strukturasi shakllantirishga zamin yaratdi.

Ishlab chiqilgan modelning muhim natijalaridan biri shundaki, unda dars jadvalining amaliy yaroqliligini belgilovchi barcha asosiy qat‘iy cheklovlar yagona tizimga keltirildi. Jumladan, har bir mashg‘ulotning faqat bitta auditoriya va bitta vaqt oralig‘iga birlashtirilishi, bir auditoriyada bir vaqtning o‘zida faqat bitta mashg‘ulot o‘tkazilishi, bir guruh yoki bir o‘qituvchining bir vaqtda ikki xil mashg‘ulotga jalb qilinmasligi, auditoriya sig‘imining guruh hajmiga mos kelishi, fan va auditoriya turi o‘rtasidagi funksional moslikning saqlanishi hamda o‘quv yuklamasining to‘liq bajarilishi kabi talablar modelda qat‘iy ifodalandi. Bu esa jadval tuzishda uchraydigan asosiy kolliziya va ziddiyatlarni nazariy jihatdan bartaraf etish imkonini berdi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, faqat qat‘iy cheklovlar bilan chegaralanish amaliy jihatdan yetarli emas. Ziddiyatsiz jadval hosil qilingan taqdirda ham, uning sifati turli tashkiliy va pedagogik omillarga bog‘liq holda past bo‘lishi mumkin. Shu sababli modelga qo‘shimcha sifat mezonlari kiritildi. Xususan, o‘qituvchilar uchun noqulay vaqt oralig‘larini kamaytirish, guruhlar yuklamasini hafta kunlari bo‘yicha muvozanatlash, auditoriya fondidan oqilona foydalanish, maxsus auditoriyalarni zarur mashg‘ulotlar uchun saqlash va qayta rejalashtirish jarayonida jadval barqarorligini ushlab qolish kabi mezonlar jarima funksiyalari orqali ifodalandi. Mazkur yondashuv jadval tuzishni oddiy “bo‘sh joyga joylashtirish” masalasidan ko‘ra ancha yuqori darajadagi sifat optimallashtirish masalasiga aylantirdi.



1-rasm. O‘quv jarayonini avtomatik tashkillashtirish tizimining ER modeli.

Yana bir muhim jihat shundaki, modelda qayta rejalashtirish holati ham inobatga olingan. Amaliyotda dars jadvali ko‘pincha bir marta tuzilib qolmaydi, balki semestr davomida ayrim sabablarga ko‘ra o‘zgartirib boriladi. O‘qituvchining vaqtincha band bo‘lib qolishi, auditoriyaning vaqtincha yopilishi, yangi mashg‘ulotlarning qo‘shilishi yoki boshqa tashkiliy o‘zgarishlar jadvalni yangilashni talab qiladi. Shu nuqtai nazardan, yangi jadvalning oldingi jadvaldan haddan tashqari farq qilmasligini minimallashtiruvchi mezonning kiritilishi modelning amaliy qiymatini oshiradi. Bu yondashuv foydalanuvchilar, ya’ni talabalar va professor-o‘qituvchilar uchun barqarorroq va bashorat qilinadigan jadval muhitini yaratishga xizmat qiladi.

Modelning muhokamasi shuni ham ko‘rsatadiki, vaznli yig‘indi asosidagi umumlashgan maqsad funksiyasi turli sifat mezonlari o‘rtasida muvozanat o‘rnatish imkonini beradi. Masalan, ayrim holatlarda o‘qituvchining afzalliklari ustun qo‘yilishi mumkin, boshqa holatlarda esa auditoriyadan foydalanish samaradorligi yoki guruh yuklamasining muvozanati muhimroq bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, og‘irlik koeffitsientlarini mos tanlash orqali ta’lim muassasasining ustuvor boshqaruv maqsadlariga mos jadval hosil qilish mumkin bo‘ladi. Bu esa modelni nafaqat nazariy, balki amaliy boshqaruv vositasi sifatida ham qarash imkonini beradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda o‘quv guruhleri, professor-o‘qituvchilar va auditoriyalarni taqsimlash masalasi ko‘p mezonli optimallashtirish nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqildi va uni formal ifodalovchi matematik model ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuvda har bir mashg‘ulot alohida resurs birligi sifatida qaralib, u o‘quv guruhi, o‘qituvchi va fan kombinatsiyasi ko‘rinishida ifodalandi. Bu esa dars jadvalini umumiy fanlar kesimida emas, balki aniq

mashg‘ulotlar darajasida modellashtirish imkonini berdi. Natijada taqsimlash jarayoni ancha aniqlashdi va real o‘quv jarayoniga mos keluvchi strukturaviy model hosil qilindi.

Tadqiqot davomida jadval tuzish masalasining amaliy yaroqliligini belgilovchi asosiy qat‘iy cheklovlar tizimlashtirildi. Jumladan, har bir mashg‘ulotning yagona vaqt va yagona auditoriyaga birlashtirilishi, auditoriyalarda vaqt bo‘yicha kolliziyalarning oldini olish, o‘quv guruhlari va o‘qituvchilarning bir vaqtda bir nechta mashg‘ulotga jalb qilinmasligi, auditoriya sig‘imining guruh hajmiga mos bo‘lishi, fan va auditoriya turi o‘rtasidagi funksional moslikning saqlanishi hamda o‘quv yuklarni to‘liq bajarilishi kabi talablar model tarkibiga kiritildi. Ushbu cheklovlar tizimi dars jadvalining ziddiyatsiz, to‘liq va tashkiliy jihatdan yaroqli bo‘lishini ta‘minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. de Werra D. An introduction to timetabling // *European Journal of Operational Research*. – 1985. – Vol. 19, No. 2. – P. 151–162.
2. Daskalaki S., Birbas T., Housos E. An integer programming formulation for a case study in university timetabling // *European Journal of Operational Research*. – 2004. – Vol. 153, No. 1. – P. 117–135. – DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00103-6.
3. Valoux C., Housos E. Constraint programming approach for school timetabling // *Computers & Operations Research*. – 2003. – Vol. 30, No. 10. – P. 1555–1572. – DOI: 10.1016/S0305-0548(02)00083-7.
4. Burke E. K., McCollum B., Meisels A., Petrovic S., Qu R. A graph-based hyper-heuristic for educational timetabling problems // *European Journal of Operational Research*. – 2007. – Vol. 176, No. 1. – P. 177–192. – DOI: 10.1016/j.ejor.2005.08.012.
5. Kingston J. H. Educational timetabling // In: *Automated Timetabling*. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. – P. 91–108.
6. Ceschia S., Di Gaspero L., Schaerf A. Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results // *European Journal of Operational Research*. – 2023. – Vol. 308, No. 1. – P. 1–18.
7. Mühlenthaler M., Wanka R. Fairness in academic course timetabling // *Annals of Operations Research*. – 2016. – Vol. 239, No. 1. – P. 171–189. – DOI: 10.1007/s10479-014-1553-2.
8. Mühlenthaler M. *Fairness in Academic Course Timetabling*. – Cham: Springer, 2015. – DOI: 10.1007/978-3-319-12799-6.