

Development of a mathematical model for assessing and forecasting the technical condition of reinforced concrete bridge construction

U.Z. Shermukhamedov¹^a, M.M. Sobirova¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In the article, a mathematical model was developed for the assessment and forecasting of the technical condition of urban reinforced concrete bridge structures through the evaluation criteria of technical and operational indicators. Criteria weighting coefficients were calculated in Mpriority 1.0 using Hierarchy analysis method.

Keywords: evaluation criteria, bridges, Hierarchy analysis method, movement safety and comfort, durability, load carrying capacity, transmissibility, repairability

Temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash uchun matematik modelni ishlab chiqish

Shermuxamedov U.Z.¹^a, Sobirova M.M.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarning baholash mezonlari orqali shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash bo‘yicha matematik model ishlab chiqilgan. Mezonlarni vazn koeffitsiyentlari Ierarxiyalar tahlili usulidan foydalanilgan holda Mpriority 1.0 dasturida hisoblab topilgan.

Kalit so‘zlar: baholash mezonlari, ko‘priklar, Ierarxiyalar tahlili usuli, harakat xavfsizligi va qulayligi, umrboqiyliqi, yuk ko‘tarish qobiliyati, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ta‘mirlashga yaroqliligi

1. Kirish

Jahonning yirik megapolislarda avtomobil yo‘llaridagi temirbeton ko‘prik inshootlarining yuk ko‘tarish qobiliyati, ularning texnik va ekspluatatsion holatini baholash va prognozlash, informatsion modellashtirish texnologiyalari, faol monitoring tizimini yaratish, ekologik xavfsizligi, uzoqqa chidamliligini oshirishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholashda innovatsion “Raqamli ko‘prik monitoringi” tizimini yaratish hamda xizmat qilish muddatini prognozlash bo‘yicha nazariy hamda eksperimental tadqiqotlar olib borish – dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Yildan yilga shaharda yo‘llarning va ularda harakatlanayotgan transport vositalarining soni oshib bormoqda va bu ko‘chalarda tirbandlik hosil bo‘lishiga olib kelmoqda. Demak, bunday sharoitlarda shaharga ko‘priklar, tonnellar, yo‘l o‘tkazgichlar kabi transport inshootlari tizimi zarur. Sun‘iy inshootlarning asosiy vazifasi yagona va o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ko‘cha va yo‘l tarmog‘ini ta‘minlash, tabiiy va sun‘iy to‘siqlar bilan bir-biridan ajratib qo‘yilgan hududlar orasida transport aloqalarini optimallashtirish, harakat vaqtini kamaytirishdan iborat. Toshkent shahri bugungi kunda yirik megapolislardan biri bo‘lib, harakat jadalligi va transport oqimi 2-3 barobar ko‘payib, shahar ko‘chalarida bir kunda 700-800 mingdan ziyod transport

harakatlanmoqda. Bugungi kunda, Toshkent shahridagi ekspluatatsiya qilinayotgan temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik-ekspluatatsion holatini yetarli darajada tadqiq qilinmagan, rivojlangan mamlakatlardagi shahar temirbeton ko‘prik inshootlarini faol monitoring qilish xususiyatlarining tahlili natijasida yurtimizda faol monitoring parametrlari bo‘yicha yetarli darajada izlanishlar olib borilmaganligi aniqlandi [1].

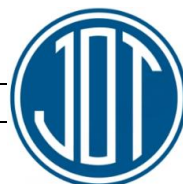
2. Tadqiqot metodikasi

Avtomobil yo‘llaridagi shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar asosida baholash va prognozlash usulini takomillashtirish, temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash uchun matematik modelni ishlab chiqish.

Shahar ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash usulini takomillashtirish maqsadida mualliflar tomonidan Toshkent shahridagi ko‘prik inshootlarining umumiy ma‘lumotlari o‘rganilgan holda har xil parametrlariga qarab 30 dan ortiq ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlarda vizual ko‘rik o‘tkazilib, nuqson va shikastlanishlar aniqlandi. Ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholashda quyidagi texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar taklif qilingan: “harakat xavfsizligi va qulayligi”, “umrboqiyliqi”, “yuk ko‘tarish qobiliyati”,

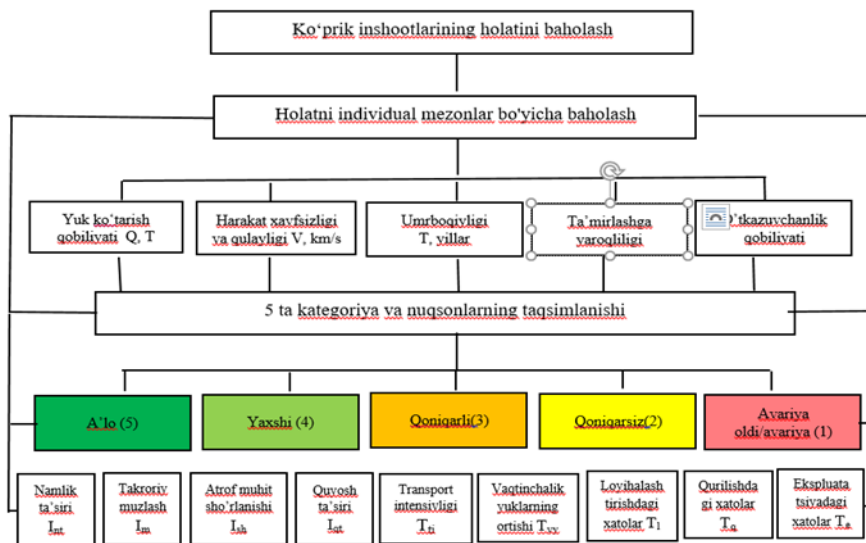
^a <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

^b <https://orcid.org/0009-0009-2638-160X>



“o‘tkazuvchanlik qobiliyati” hamda “ta‘mirlashga yaroqliligi”. Ko‘prik inshootlariga ta‘sir etuvchi omillar hamda nuqson va shikastlanishlar o‘rganilib, inshootlar

yuqoridagi texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar orqali baholandi (1-rasm)[2].



1-rasm. Asosiy texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar

Temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini samarali boshqarish uchun, nafaqat tadqiqotlar o‘tkaziladigan davrida inshootning haqiqiy holatini bilish, balki uni kelajakdagi o‘zgarishi, ya‘ni prognozi ilmiy qiziqish uyg‘otadi. Ko‘prik inshootlarini xizmat muddatlarini prognozlash uslubini yaratish Toshkent shahar ko‘prik parki obyektlarining ishonchligi va funktsionalligini talab darajasida saqlab turishga imkon beradi [8].

Konstruksiyaning xizmat muddatini prognozlash vaqtincha tushuncha bo‘lib, taklif etilgan yagona vaqt mezonni sifatida esa “umrboqiylik” texnik ekspluatatsion ko‘rsatkichi xizmat qiladi. Avtomobil yo‘llaridagi temirbeton ko‘prik inshootlarining ayrim elementlarini me‘yoriy xizmat muddatlari hech qayerda aniq tartibga solinmagan va me‘yorlashtirilmagan. Turli olimlar [4-6] ekspluatatsiyadagi ko‘prik inshootlarining umrboqiylikni baholashga oid o‘zlari ishlab chiqqan yondoshuvi asosida va nuqtayi nazarlaridan kelib chiqqan holda ushbu muddatlarga oid tasavvurlarining turli xil variantlarini keltirganlar.

Transport infrastrukturasini inshootlarini hisoblashda ob‘yektning matematik modelini yaratish eng muhim bosqich hisoblanadi. Agar matematik model to‘g‘ri (adekvat) bo‘lmasa, topilgan yechim ko‘prik inshootlarini baholash jarayonlarini noto‘g‘ri talqin qilinishiga olib keladi [3].

Ko‘prik inshootining hisobiy modelini tanlashdan avval ob‘yektning holatiga katta ta‘sir ko‘rsatadigan asosiy omillarni tahlil qilish zarur.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, umumlashtirilgan miqdoriy ko‘rsatkich tavsiya etilgan bir nechta TEKni o‘z ichiga oladi, ularning ahamiyati bo‘yicha yuk ko‘tarish qobiliyati, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, umrboqiyliqi, harakat xavfsizligi va qulayligi va ta‘mirlashga yaroqliliklarga bo‘linadi. Mezonlarning vazn koeffitsiyentlari bir xil emas va quyidagi matematik shartlarni bir vaqtning o‘zida bajarish orqali ifodalinishi mumkin (ular yechimning optimalligi mezonni sifatida ham ishlaydi):

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^5 k_i &= 1,000 \\ k_{i+1} &= k_i \cdot n \\ n &\rightarrow \min \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

bu yerda:

k_i – texnik holatni baholash mezon;

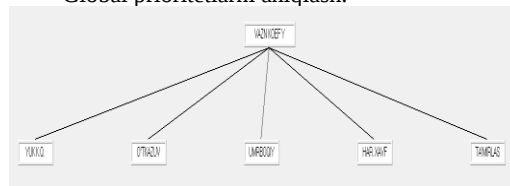
n – natural son, $n > 1$.

Optimal yechim $n=2$ uchun natijalar hisoblanadi (1-jadval).

Bu ifodani optimal ravishda ifodalash uchun **ierarxiyalar tahlili usulidan** foydalanildi. **Ierarxiyalar tahlili usuli (ITU)** – biror muammoni bir necha yechim variantlaridan eng yaxshisini tanlash uchun qo‘llaniladi.

Ushbu usul amerikalik olim Tomas Saati tomonidan 35 yil avval ishlab chiqilgan. Bu usuldan Investitsiya loyihalarining dolzarbligiga asosan hayotga tatbiq qilish navbatini belgilashda foydalanadi. (ITU)ning bosqichlari quyidagilar.

- Muammoni ierarxiya ko‘rinishida tasvirlash;
- Kriteriy (mezon)lar uchun prioritetlar (ustuvorlik) belgilash;
- Har bir mezon bo‘yicha alternativa (yechim)lar prioritetlarini belgilash;
- Global prioritetlarni aniqlash.



2-rasm. Muammoni ierarxiya ko‘rinishida tasvirlash

3. Natija va muhokamalar

Baholash tizimidagi mezonlar vaznini hisoblash uchun MPriority 1.0 dasturidan foydalaniladi (2-rasm).

Bundan vazn koeffitsiyenti y_i ni aniqlash uchun har bir mezonning muhimlik darajasi kiritiladi (3-rasm).

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта

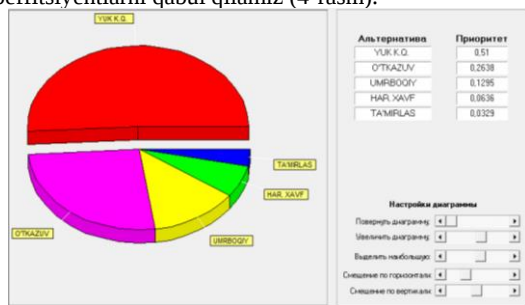
VAZN KOEF Y

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритет
1. YUK K.Q.	1	3	5	7	9	0,51
2. O'TKAZUV	1/3	1	3	5	7	0,2638
3. UMRBOQIY	1/5	1/3	1	3	5	0,1295
4. HAR.XAVF	1/7	1/5	1/3	1	3	0,0636
5. TA'MIRLAS	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,0329

СЗ: 5,2371 Применить
ИС: 0,0592 Закрыть
ОС: 0,0529 Отмена Исследовать

3-рasm. Mezonlar prioritetini aniqlash

3-rasmdan ko'rinib turiptiki, muvofiqlik nisbati – OS qiymati 10-20% oralig'ida bo'lsa, yuqoridagi jadvalni to'ldirganimizda ahamiyatli ziddiyatlarga yo'l qo'ymagan bo'lamiz. Aks holda, jadval to'ldirish jarayonini takrorlashimiz kerak. OS=5,29% chiqqani uchun olingan koeffitsiyentlarni qabul qilamiz (4-rasm).



4-рasm. Global prioritetlarni aniqlash

Demak 4-rasmdan ko'rishimiz mumkinki, yuqorida keltirilgan ifoda va dasturdan quyidagi jadvalni keltiramiz:

1-jadval

Texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlarning vazn koeffitsiyentlari

TEK	Belgilanish	Vazn koeffitsiyenti
Yuk ko'tarish qobiliyati	Y	0,51
O'tkazuvchanlik qobiliyati	O'	0,26
Umrboqiyli	U	0,129
Harakat xavfsizligi va qulayligi	H	0,064
Ta'mirlashga yaroqliligi	T	0,033
	Σ	1,000

TEK (baholash mezon) bo'yicha asosiy koeffitsiyent quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K_i^k = (K_i^{baz})^{\frac{1}{(6-k)}} \quad (2)$$

bu yerda:

k – nuqson kategoriyasi;

K_i^{baz} – bazaviy hisoblash koeffitsiyenti;

Yuqoridagi (1) – (2) formulalar yordamida hisoblash natijalari TEK muhimlik koeffitsiyentlari matritsasini yaratishga imkon beradi (2 - jadval).

2-jadval

Texnik holatning TEK (baholash mezonlari) muhimlik koeffitsiyentlari matritsasi

	Kategoriya	Y	O'	U	H	T	y_j
Y	5	0,517	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_o=0,534$ $y_u=0,267$ $y_h=0,133$ $y_t=0,066$
	4	0,719	0,150	0,075	0,037	0,019	
	3	0,803	0,105	0,053	0,026	0,013	
	2	0,848	0,081	0,041	0,020	0,010	
	1	0,876	0,066	0,033	0,016	0,008	
O'	5	0,517	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_y=0,697$ $y_u=0,174$ $y_h=0,086$ $y_t=0,043$
	4	0,343	0,508	0,086	0,042	0,021	
	3	0,253	0,637	0,063	0,031	0,016	
	2	0,200	0,713	0,050	0,025	0,012	
	1	0,165	0,763	0,041	0,020	0,010	
U	5	0,517	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_y=0,594$ $y_o=0,296$ $y_h=0,073$ $y_t=0,037$
	4	0,380	0,190	0,359	0,047	0,024	
	3	0,294	0,147	0,505	0,036	0,018	
	2	0,238	0,119	0,599	0,029	0,015	
	1	0,199	0,100	0,664	0,025	0,012	
H	5	0,517	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_y=0,552$ $y_o=0,276$ $y_u=0,138$ $y_t=0,034$
	4	0,413	0,206	0,103	0,253	0,026	
	3	0,331	0,165	0,083	0,400	0,021	
	2	0,275	0,137	0,069	0,503	0,017	
	1	0,234	0,117	0,058	0,577	0,014	
T	5	0,517	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_y=0,534$ $y_o=0,267$ $y_u=0,133$
	4	0,439	0,219	0,109	0,054	0,179	
	3	0,365	0,182	0,091	0,045	0,317	



<https://t.me/tdtuilmiynashrlar>

Toshkent shahrining o'ziga xos sharoitlarini hisobga olib hamda asosiy baholash mezonlari sifatida ilk bor "xavfsizlik va qulaylik", "umrboqiylik", "yuk ko'tarish qobiliyati", "o'tkazuvchanlik qobiliyati" va "ta'mirlashga yaroqlilik" kabi asosiy texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlar (TEK) asosida ekspluatatsiyadagi temirbeton ko'priklari inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash usuli takomillashtirilgan. Natijada, shahar ko'priklari inshootlari parkining ishonchiligi va funksionalligining talab qilinadigan darajalarini saqlab qolish imkoni yaratildi.

Toshkent shahridagi Gavhar va Bunyodkor ko'chalari kesishmasidagi yo'lo'tgazgich 24 yil ichida qoniqarsiz ahvoldaligi aniqlangan. Uning W(t) funksiyaning parametrik shartlaridan kelib chiqqan holda xizmat muddati 35-38 yilni tashkil etishi mumkinligi aniqlangan.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Shermukhamedov U.Z., Sobirova M.M., Azamov N.F., Ibrokhimova S.S. Analysis of the technical and operational condition of urban reinforced concrete bridge structures. The international scientific conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering – CONMECHYDRO, 2022", August 23-24, 2023.

[2] Шермухамедов У.З., Белый А.А., Собирова М.М., Кадилова Ш.Ш. К оценке технико-эксплуатационного состояния городских железобетонных мостов и путепроводов. Известия петербургского университета путей Сообщения, том 21, 2024. – Вып 1, – с. 238-251.

[3] Шермухамедов У.З., Белый А.А., Собирова М.М., Кадилова Ш.Ш., Оценка технического состояния городских железобетонных мостовых сооружений (на примере г. Ташкента). Журнал "Путевой навигатор".

№57(83). Санкт-Петербург, РФ, 2023. – с. 44-51. (входящий в перечень ВАК РФ).

[4] Шестериков В.И. Оценка состояния автодорожных мостов и прогнозирование его изменения с помощью показателя физического износа // Автомоб. дороги: Информ. сб. – М., ЦБНТИ Росавтодора, 1991. Вып. № 4. – с. 1-48.

[5] Белый А.А. Основные положения методики прогнозирования сроков службы эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений / Научно-практический журнал «Наука и бизнес: пути развития», №10 (64). Тамбов: Изд. «Фонд развития науки и культуры», 2016. – с. 9-20.

[6] Васильев А.И., До Минь Хиус. Вероятная оценка износа железобетонных конструкций. // Трансп. стр-во, 2009. – №3, – с.18-20

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Shermukhamedov Ulugbek	Toshkent davlat transport universiteti "Ko'priklar va tonnellar" kafedrasini mudiri, texnika fanlari doktori, professor
Zabikhullaevich / Shermuxamedov Ulug'bek	E-mail: ulugbekjuve@mail.ru
Zabixullayevich	Tel.: +998903161181 https://orcid.org/0000-0003-1718-5331

Sobirova Mamura Mirabdulla kizi / Sobirova Ma'mura Mirabdulla qizi	Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil yo'llaridagi sun'iy inshootlar" kafedrasini katta o'qituvchisi, texnika fanlari falsafa doktori, PhD
	E-mail: mamura_9105@bk.ru
	Tel.: +998977132310 https://orcid.org/0009-0009-2638-160X

