

ТЕМІРЖОЛ ӨТКЕЛІНІҢ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРГЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Абылаев Асылжан, Балабеков Диас
asilzhan_86@mail.ru, dias.balabekov@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Автоматтандыру және басқару кафедрасының
магистранттары, Нұр-сұлтан қ., Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Н.Кисикова

Теміржол өткелінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері дамыған теміржол желісі бар көптеген мемлекеттер үшін ең өзекті мәселе болып табылады. Статистикаға сүйене отырып жыл сайын әлемдегі теміржолдарда көптеген апаттар орын алып, нәтижесінде мыңдаған адам өлім құшып немесе әртүрлі дәрежеде жарақаттар алып жатқаны сөзсіз. Мұндай оқиғалар сонымен қатар теміржолға айтарлықтай материалдық залал келтіреді, теміржол жолына, байланыс желісіне, поездың тоқтап қалуына және қозғалыс кестесінің бұзылуына байланысты шығындар келтіреді, нәтижесінде объектілерге тауарлар мен жолаушылар уақтылы жеткізілмейді.

Қазақстан Республикасының және шет елдердің темір жолдарындағы қауіпсіздікті арттыру мақсатында әртүрлі ұйымдастырушылық, профилактикалық және техникалық шаралар әзірленеді және кеңінен қолданылады, оларды жүзеге асыру үлкен инвестицияларды қажет болады және әрқашан қажетті нәтижелерге әкелмейді. Сондықтан, бірқатар жағдайларда қауіпсіздік деңгейінің одан әрі жоғарылауы өте үлкен қосымша шығындармен байланысты болып келеді.

Бүгінгі күні теміржол өткеліндегі апат қаупін болжауға мүмкіндік беретін бірқатар математикалық әдістер әзірленді. Бұл әдістерді болжау үшін пайдаланылатын ақпарат түріне, есептеу әдісіне және болжамдау кезінде алынған бағалау түріне байланысты жіктеуге болады.

Пайдаланылған ақпараттың түріне қарай мыналарды ажыратуға болады:

- бұрын жасалған авария туралы статистиканы қолдануға негізделген әдістер;
- қозғалудың сипаттамалары мен жеке сипаттамалары туралы мәліметтерді пайдалануға негізделген әдістер.

Бірінші топтың әдістеріне мысал ретінде АҚШ-та ұсынылған және оған сәйкес теміржол өткеліндегі қозғалыс қауіпсіздігі белгілі бір жағдайларда уақыт бірлігінде болған апаттардың санымен есептелген. Осы әдіске сәйкес қарастырылған үлгінің барлық қозғалыстары әр топта өзгеріссіз қалған қозғалудың негізгі сипаттамалары бар бірнеше біртекті топтарға бөлінеді. Апаттың болжамды саны сәйкес салмақ коэффициенттерімен қабылданған екі параметрдің жиынтығымен анықталады: таңдалған топтың қиылыстарының бірінде болған апаттың орташа күтілетін саны және x санымен қозғалу кезіндегі апаттың орташа саны.

Бірінші топтың әдістері олардың сенімділігі мен қарапайым есептеулерімен ерекшеленеді, бұл бірқатар сипаттамаларға сәйкес қарастырылатын және оған жақын өтетін деңгейдегі апаттар туралы қол жетімді ақпаратты болжау үшін тікелей пайдаланумен байланысты:

- қайта құру кезінде өткелдердің кейбір сипаттамаларын өзгертудің орындылығын болжау үшін оларды қолданудың күрделілігі;
- біртекті қозғалатын топтарды құрудың үлкен саны мен күрделілігі, қарастырылатын қозғалатын параметрлердің едәуір саны.

BW бұл болған апаттың бір тәуліктегі санын есептеу осы екінші әдіске сәйкес келеді, ол поездар мен көлік құралдарынан кейінгі ағындардың қарқындылығы мен таралуына негізделген. BW мәні келесі өрнекпен анықталады:

$$BW = \sum_{i=1}^{24} \frac{W_{B_i} * Z_i * T_i}{3600}, \quad (1)$$

Мұнда W_{B_i} – i -ші сағаттағы өткелдерден өткен автомашиналардың саны;

$Z_i * T_i$ - i -ші сағаттағы өткелдердегі қоршаудың ұзақтығы .

Бұл топтың әдістері сонымен қатар теміржол өткеліндегі апат қаупін болжау үшін АҚШ-та жасалған әдістер мен модельдерде кеңінен қолданылады. Бұл модельдердің көпшілігі қозғалысқа тән кейбір жеке сипаттамалар туралы ақпараттың қауіпсіздік критерийлерін есептеуде қолданылуымен сипатталады, мысалы: поездар мен көлік құралдарының өтуі арқылы қозғалыс мөлшері, жүруге арналған көріну шарттары, өткелдің орналасқан жері, техникалық құралдардың болуы, кесіп өткен темір жолдардың саны және т.б.

Қауіпсіздік критерийлерін есептеу әдістеріне байланысты апат қаупін болжаудың барлық әдістерін екі негізгі топқа бөлуге болады. Бірінші топқа эмпирикалық алынған өрнектерді қолдануға негізделген, қозғалуға тән жеке ерекшеліктердің салыстырмалы түрде үлкен санын ескеруге мүмкіндік беретін әдістер жатады. Мысалы, жоғары жылдамдықты өткелдердегі апаттың ықтималдығын есептеу үшін АҚШ департаменті келесі критерийлерді ұсынды: қозғалыс ағымы, поезд жылдамдығы, негізгі жолдардың саны, қауіпсіздік құрылғыларының түрі, жол түрі және т.б. Алайда, олардың арасындағы күрделі корреляциялық тәуелділіктің болуына байланысты тым көп факторларды ескерген кезде, осы топтың әдістері көбінесе нәтижелердің жоғары сенімділігін қамтамасыз етпейді.

Тағы бір топқа регрессиялық анализді қолдану арқылы алынған формулаларды қолдана отырып, қауіпсіздік өлшемдерін есептеу әдістері кіреді. Мысал ретінде АҚШ темір жол өткелдерінде қозғалыс қауіпсіздігі критерийлерін есептеу үшін көптеген формулалардың негізін құрайтын сызықтық және сызықты емес регрессия әдістерін қолдану жатады. Бұл әдістер тобының негізгі кемшіліктері - қозғалыс сипаттамалары мен белгілерінің көпшілігінің апат деңгейіне әсерін ескерместен, регрессиялық талдау кезінде қолданылатын факторлардың негізінде қауіпсіздік деңгейін бағалауды қалыптастыру. Бірқатар факторлардың ескерілмеуі алынған бағалардың сенімділігіне кері әсерін тигізеді және қозғалыс қауіпсіздігіне әр фактордың әсерін бақылауға мүмкіндік бермейді.

Екінші әдіс тобы салыстырмалы қауіпсіздік рейтингтерін ұсынады. Бұл есептеулер тиісті салмақпен алынған теміржол өткелінің сипаттамаларының кейбір сызықтық немесе сызықты емес жиынтығы ретінде есептеледі. Мысалы, АҚШ-та әзірленген әдістердің біріне сәйкес, қолда бар статистикалық мәліметтер негізінде өткелде орнатылған қоршау құрылғыларының әр түрінің P қауіпсіздік коэффициенті есептеледі.

$$P = \frac{1}{100 * A * N} \sum_{i=1}^N H_i * T_i, \quad (2)$$

Мұнда A – қарастырылған таңдаудағы бақылау және бірнеше уақыт интервалындағы N өткелдердегі ЖКО (ДТП) саны;

$H_i * T_i$ - сәйкесінше, күндіз өтетін өткел арқылы өтетін көлік құралдары мен поездардың саны.

P мәні уақыт интервалына байланысты. Сондықтан бұл коэффициент тек құрылғылардың тиімділігін жанама бағалауға мүмкіндік береді және құрылғы қамтамасыз ететін қауіпсіздік деңгейіне дәл баға бермейді.

Салыстырмалы есептеулерді қолдану апаттардың күтілетін санын анықтауға мүмкіндік бермейді, дегенмен апаттың қаупі мен қауіпсіздікті жақсарту шаралары қажеттілігіне байланысты темір жол өткелдерін жүйелеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ең жоғары рейтингпен қозғалу ең қауіпті болып саналады, сондықтан жетілдіруді қажет етеді.

Алынған нәтижелердің сенімділігін бағалау үшін қозғалу қауіпсіздігі деңгейін анықтау үшін қолданылатын математикалық әдістерге салыстырмалы талдау жүргізілді. Әдістерді бағалау үшін келесі критерийлер қолданылды:

- болжау кезіндегі қолданылатын ақпараттық қор;
- X^2 критерийлерінің математикалық статистикасын қолдану;
- әдісті бағалау қуаттылығының көрсеткіші.

X^2 критерийін есептеу үшін келесі өрнек қолданылады:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(N_{\phi} - N_n)}{N_n}, \quad (3)$$

Мұндағы N_{ϕ}, N_n - i -ші темір жол өткелдерінің сәйкесінше аяқталған және болжамдалатын апаттардың саны;

n – өткелдерді талдау кезіндегі зерттеулердің қолданылатын көлемі.

Әдістің қуат көрсеткіші келесі өрнекпен бағаланады:

$$P_k = \frac{m(k)}{k}, \quad (4)$$

мұнда $m(k)$ – апаттың пайыздық көрсеткіші, ең қауіпті өткелдердің k пайызын құрайды.

Салыстырмалы талдау үшін теміржол өткелінің қауіпсіздігін бағалаудың келесі әдістері таңдалды:

- көлік департаменті құрастырған әдіс (Department of Transportation) США (D.T.);
- Германияда қолданылатын әдіс (G.);
- Peabody-Dimmick әдісі (P.D.);
- Coleman-Stewart әдісі (C.S.);
- NCHRP50 әдісі;
- New Hampshire әдісі (N.H.);
- апат туралы тек статикалық мәліметтерді қолданатын әдіс (S.D.).

Жоғарыда аталған әдістердің кейбірі салыстырмалы талдаудан өткен, дегенмен, алынған нәтижелердің сенімділігін Қазақстан темір жолдарын зерттелген әдістерін сынау арқылы бағалау қажет. Салыстырмалы талдау үшін таңдалған тәсілдер бойынша теміржол өтпелеріндегі қозғалыс қауіпсіздігі деңгейін болжауға арналған негізгі формулалар 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1. Темір жол өткелдерінің қауіпсіздігін бағалау формулалары

Әдіс атауы	Өрнектер
Германияда қолданылатын әдіс (G.)	$BW = \sum_{i=1}^{24} \frac{W_{B_i} * Z_i * T_i}{3600}$
Көлік департаменті құрастырған әдіс (Department of Transportation (D.T.))	$A = \frac{T_0}{T + T} * \lambda + \frac{T}{T_0 + T} * \frac{N}{T},$ $\lambda = K * MT * DT * HP * MS * HT * HL$
Peabody-Dimmick (P.D.)	$I = 1.28 \frac{H^{0.170} * N_n^{0.151}}{n^{0.171}} + K$
Coleman-Stewart (C.S.)	$\log(\bar{A}) = C_0 + C_1 * \log \bar{v} + C_2 * \log \bar{T} + C_3 * (\log \bar{T})^2$
NCHRP50	$EA = A_1 * B_1 * N_n$
New Hampshire Formula (N.H.)	$HazardIndex = V * N_n * P_j$
Апат туралы тек статикалық мәліметтерді қолданатын әдіс (S.D.)	$E(x) = \alpha * E(m) + (1 - \alpha) * M(x),$ $\alpha = \frac{1}{1 - D(m) E(m)}$

1 кесте формулаларындағы айнымалыларды талдайық:

BW - бір күндегі жылжымалы құраммен болған оқиғалар саны;

W_{B_i} - i -ші сағаттық интервалмен жүретін автомобильдер саны;

$Z_i * T_i$ - i -ші сағат ішінде қоршаудың ұзақтығы;

A - бір сағат ішінде қозғалу кезіндегі жазатайым оқиғалардың саны;

N - тіркелген оқиғалардың саны;

T - жылжуды бақылау жылдарының саны;
 T_0 - салмақ коэффициенті;
 λ - өткелдегі апаттың ықтималдығы;
 K - тұрақты коэффициент, мәні 0,001088 тең;
 EI – көлік ағындарының интенсивтігі, келесі өрнекпен есептеледі:

$$EI = \left(\frac{c*t+0.2}{0.2} \right)^{0.3116} \quad (5)$$

мұндағы c - тәулік ішінде өткелден өтетін автомобильдер саны;

t – өткел арқылы өтетін поездардың орташа саны;

MT – өткелдегі негізгі бағыттардың mt санын ескеретін коэффициент, $\exp(0.2912mm)$ -

ге тең;

DT - күндізгі уақытта жүретін поездар санын ескеретін коэффициент (кедергілер болған кезде олардың саны бірге тең);

HP - жол жамылғысының түрін ескеретін коэффициент (төселген жолдар үшін ол бірге тең болады);

MS - поезбен жүрудің максималды рұқсат етілген жылдамдығын ескеретін коэффициент (егер кедергілер болса $MS = 1.0$);

HT - жолдың түрін ескеретін коэффициент (егер кедергі болса, $H = 1.0$);

HL - формула бойынша есептелген автокөлік жолдарының санын ескеретін коэффициент:

$$HL = \exp(0,1036-h-1),$$

мұндағы h - автокөлік жолдарының саны;;

H - тәулік бойынша қозғалыс кезінде жүретін көліктер саны;

N_n - тәулік бойы жүретін поездардың саны;

n - өткелдегі қоршау түрін ескеретін коэффициент;

K - қосымша коэффициент;

\bar{A} - жыл ішінде өткелдегі оқиғалардың болжамды саны;

$C_0 - C_3$ - салмақ коэффициенттері;

EA - жыл бойына өткелдердегі апаттардың күтілетін саны;

A_1, B_1 -эмпирикалық анықталған коэффициенттер;

V –тәулік ішінде өткелден өтетін көліктер саны;

P_j - өткелде қоршау құрылғыларының болуын ескеретін фактор;

$E(x)$ - x нөмірімен қиылысқан кездегі авариялардың болжамды саны;

$E(m)$ - таңдалған біртекті топтың қиылыстарының біріндегі апаттардың күтілетін орташа саны;

$M(x)$ – өтпеде қарастырылған уақыт кезеңінде болған апаттардың саны;

α -1 кестеге сәйкес анықталатын коэффициент;

$D(m)$ -қарастырылған уақыт аралығында орын алған апаттар санының тобында ауытқуы.

2-кестеде есептеу нәтижесінде салыстырылатын әдістердің таралуы көрсетілген, ол қозғалу қауіпсіздігі деңгейін болжаудың дәлдігін сипаттайды. Төменгі дәреже жоғары қуат коэффициентіне және зерттелген әдістің дәлдігіне сәйкес келеді.

Зерттеу нәтижелері апат туралы статистикалық мәліметтерге негізделген әдісті және АҚШ көлік департаменті әзірлеген әдісті қолдана отырып, екі критерий бойынша алынған қауіпсіздік деңгейінің жақсы дәлдігі мен тұрақтылығын көрсетеді, ол сонымен қатар деңгейлі өткелдердегі апаттар саны туралы ақпаратты ескереді. Осы әдістердің көмегімен алынған бағалардың дұрыстығы қарама-қарсы өткелдерде және ұқсас классификациялық белгілері бар өткелдер тобында болған жазатайым оқиғалар туралы ақпаратты ескере отырып анықталады.

Кесте 2. Берілген қуат коэффициентіне байланысты әдістерді ранг бойынша бөлу

Ең қауіпті өткелдердің пайызы	Ранг әдісі						
	1	2	3	4	5	6	7

1%	D.T.	S.D	N.H.	NCHRP 50	P.D.	G.	C.S.
3%	S.D.	D.T.	NCHRP 50	N.H.	P.D.	C.S.	G.
6%	NCHRP 50	S.D.	D.T.	P.D.	C.S.	G.	N.H.
10%	N.H.	NCHRP 50	S.D	D.T.	P.D.	C.S.	G.
20%	S.D.	D.T.	P.D.	NCHRP 50	G.	N.H.	C.S.
40%	S.D.	D.T.	C.S.	P.D.	NCHRP 50	G.	N.H.

Қарастырылған уақыт аралығындағы зерттеліп отырған өткелдерде болған апаттың болжамды бағалары мен нақты саны арасындағы осы әдістердің бірқатар кемшіліктері анықталды:

- әр түрлі факторлардың көп саны мен әр түрлі комбинациялары бар біртекті өткел топтарын болжау үшін қолданылатын құрылыстың күрделілігі;
- жазатайым оқиғалар туралы ақпараттың болмауына байланысты жаңадан құрылған немесе қалпына келтірілген өткелдерде алынған бағалар сенімділігінің төмендеуі;
- теміржол өткелінің жеке сипаттамаларының қозғалыс қауіпсіздігіне әсерін сандық бағалау мүмкін еместігі;
- осы оқиғалардан кейін болған төтенше жағдайлар туралы ақпарат алғаннан кейін ғана қозғалу кезінде қабылданған шаралардың тиімділігіне неғұрлым негізделген баға алу;
- жазатайым оқиғалар туралы статистикалық мәліметтерді алу үшін интервалда қозғалыс сипаттамалары өзгерген жағдайда әдісті қолдану мүмкін еместігі.

Алынған нәтижелердің сенімділігін арттыру үшін болжамдау кезінде қолданылатын математикалық әдістерді одан әрі жетілдіру қажет. Құрылған математикалық әдістер қозғалысқа тән жеке сипаттамалардың көпшілігінің қозғалыс қауіпсіздігіне әсерін, қозғалыс ағындарының өзгеруінің кездейсоқ сипатын және көлік құралдарының жүргізушілерінің мінез-құлқын ескеруі керек.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Абрамов В.М., Полоцкий В.Н., Баранов Л.А., Моисеев А.А. Расчет и оптимизация координатного сближения поездов метрополитена. //Вестник ВНИИЖТа.-М.:1992.-№6.- С. 24-28с.
2. Ададуров С.Е., Гапанович В.А., Лябах Н.Н., Шабельников А.Н. Железнодорожный транспорт: на пути к интеллектуальному управлению: монография.- Ростов-на-Дону: 2009.- 322с.
3. Ададуров С.Е., Шаров В.А., Разработка технологии перевозочного процесса, обеспечивающей системное повышение скорости и надежности доставки грузов на основе экономических критериев и создания интеллектуальных железнодорожных систем// Бюллетень объединенного ученого совета М.:2010.- № 3.- С. 3-12.
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. М.: Финансы и статистика, 2004. - 424 с.

ОӘЖ 004

АҚПАРАТТЫ САҚТАУ ЖӘНЕ ТАСЫМАЛДАУДАҒЫ ҚАТЕЛІКТІ ЗЕРТТЕУ

Ахметов Уалихан Пернебайұлы

ahmetovuali@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Ақпараттық технологиялар факультетінің