

Ғ.Ж. Жанбиров, **Б.Қ. Мұсабаев**

Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: 7997709@mail.ru

ЛОГИСТИКАЛЫҚ ҚОЙМА КЕШЕНІНІҢ РЕСУРСТАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Бұл мақала көлемді жоспарлаудың әсерін зерттеуге арналған қазіргі заманғы қойманың шешімдері мен негізгі өндірістік-технологиялық параметрлері оның жұмысының тиімділігі қарастырылды. Модельдеу талдау, зерттеу және негіздеу үшін имитациялық әдіс қолданылды және «Anylogic» бағдарламалық өнімі модельдеу ортасы ретінде пайдаланылды.

Бұл мақалада тиімді жүйені құрудың жалпыланған алгоритмі орындалып, қойма кешендерінің модельдері және 114 блоктан тұратын моделі ұсынылды. Модель қара жәшік түрінде ұсынылған, бұл қойма жүйесінің кіріс және шығыс параметрлері арасындағы корреляциялар мен қатынастарды, сондай-ақ оның ресурстары анықтауға мүмкіндік берді. Имитациялық эксперимент негізінде 63 модельдік есептеулер жүргізілді. Модельдеу нәтижесінде қойманың төрт нұсқасы орнатылды, олар түсіруді және тәулік ішінде вагондардың қажетті санын тиеуді қамтамасыз етті. Ең жақсы кешенді критерий қойма кешенінің жұмыс істеуі ұсынылған негізінде таңдалды.

Түйінді сөздер. Қоймалар, сандық модельдеу, ішкі көлік, өнімділікті талдау, түсіру, тиеу, тиімділік.

Кіріспе.

Қытайдың ірі өндірушісі мен Еуропаның елеулі тұтынушысы арасындағы жүк ағыны көлемінің өсуін ескере отырып, мемлекеттің көлік саясатының негізгі мақсаты Еуразиялық трансконтиненталдық көпірді одан әрі құру болып қала береді. Теміржолдың өткізу қабілеті шектеулі болғандықтан, автомобиль көлігімен транзиттік тасымалдауға ерекше назар аударылады. Мысалы 2022 жыл қорытындысы бойынша автомобиль көлігінің үлесіне Қазақстанда жүк тасымалының 79,6%, теміржол көлігінің үлесіне 12% келеді [1]. Транзиттік дәліз әлеуетін дамытудағы маңызды факторлардың бірі қойма логистикасы болып табылады. Қазақстанда дамудың үй-жайларының құрылысы «100 нақты қадам – ұлт жоспарының» 65-қадамын іске асыру шеңберінде өтуде, ол «Қазақстанның халықаралық көлік-коммуникация ағындарына интеграциясы» болып табылады [2].

Деректер бойынша [3,4] қойма логистикасы нарығының жалпы көлемінің 70% Алматы қаласы мен Алматы облысында орналасқан. Бірақ бұл қоймалардың көлемі еуропалық деңгеймен салыстырғанда жеткіліксіз, сондықтан барлық сақтау қажеттіліктері қанағаттандырылмайды.

Жұмыс көлемді жоспарлау шешімдерінің және қазіргі заманғы құрамның негізгі өндірістік және технологиялық параметрлерінің оның жұмыс істеу тиімділігіне әсерін талдауға арналған.

Жұмыстың мақсаты-AnyLogic ортасында имитациялық модельдерді әзірлеу арқылы заманауи қойма кешендерінің сенімділігін арттыру және оларды пайдалану кезінде күрделі және ағымдағы шығындарды азайту. AnyLogic бизнес-модельдеуде корпоративтік стандарт болып табылады және бүгінде әлемнің 63 елінде кеңінен қолданылады [5].

Материалдар мен тәсілдер.

Қазіргі заманғы қойма кешені күрделі жүйелерге жатады [6,7], өйткені ол көптеген әртүрлі технологиялық процестерді қамтиды, олар бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Сондықтан жұмыста имитациялық модельдеу әдісі қолданылды. Өйткені компьютерлік іске асыру тұрғысынан модельдеу-бұл тұжырымдамалық, математикалық және бағдарламалық модельдерді құруды қамтитын күрделі жүйелерді зерттеудің кешенді әдісі. Басқаша айтқанда, бұл виртуалды кеңістікте әртүрлі сипаттағы мақсатты имитациялық эксперименттерді бірнеше рет жасауға болатын нақты процестің сандық аналогын құру.

Әдебиеттерге шолу.

Кез келген қойманың тиімді жұмысының критерийі осы процесті жүзеге асыруға оңтайлы шығындармен тауарлардың қажетті жүк айналымын қамтамасыз ету болып табылады. Әрбір нақты компанияның құрамы әр түрлі мәселелерді шешуге арналғанын есте ұстаған жөн: бір жағдайда бұл белгілі бір бөлмеде жүктің максималды мөлшерін орналастыру [7], екіншісінде – максималды жүк айналымын қамтамасыз ету [8], үшіншісінде – әр түрлі жеке талаптардың жиынтығы [9].

Жұмыста қойма кешені қарастырылады, сақтау аймағында алдыңғы сөрелермен жабдықталған. Алдыңғы сөрелер– бұл паллеттерді сақтау үшін қолданылатын металл конструкциялар. Мұндай сөре жүйелері алдыңғы жағынан жүктеледі және түсіріледі. Бұл жүктеу әдісі шектеулі жарамдылық мерзімі бар тауарлардың кең ассортименті болған кезде өте ыңғайлы. Алдыңғы қойма сөрелері кез келген тауар бірлігіне жылдам және оңай қол жеткізуді қамтамасыз етеді [10].

Алдыңғы сөрелердің басты кемшілігі-сақтау аймағында пайдалы аймақты пайдалану коэффициентінің төмен мәні. Бұл мәселе, әдетте, тар өткелдер мен қос жүктеме схемасын қолдану арқылы шешіледі, оның көмегімен жүктерді сақтау тиімділігі артады [11].

Нәтижелер мен талқылаулар.

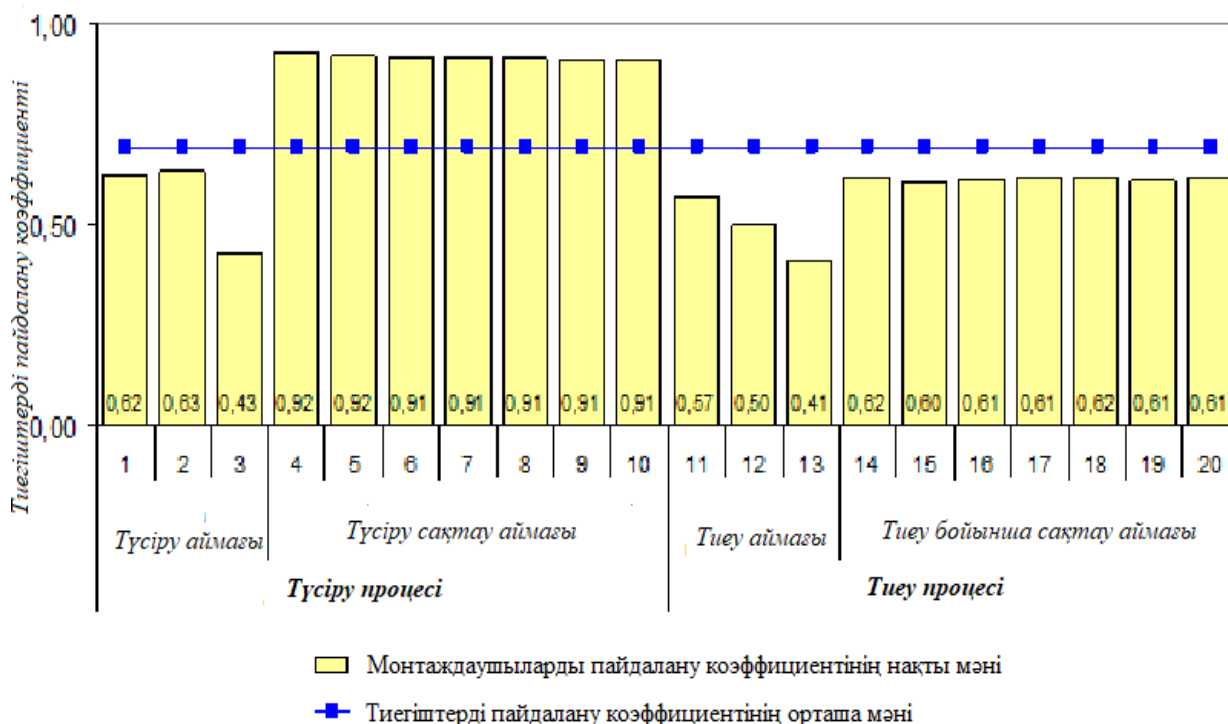
Бастапқы деректер және мәселені қою.

Зерттеу нысаны ретінде Алматы қаласында орналасқан А класты қойма кешені таңдалды. Қойма сақтау аймағында алдыңғы сөрелермен жабдықталған. Үш тиеу және түсіру арнаулы орындары (доктары) бар. Тәулік ішінде (800-ден 1800-ге дейін) қоймада 33 паллет сыйымдылығы бар 24 Еуро жүк түсіріледі және 16 паллет сыйымдылығы бар 48 автомобиль жүктеледі, орташа келу және кету қарқындылығы сағатына 3 және 6 авто тиісінше. Зерттеу объектісінің негізгі параметрлері және оның орналасу схемасы 1-кестеде келтірілген.

1 кесте - Зерттеу объектісінің негізгі параметрлері

Көрсеткіш	Мәні
Тауардың келуі және жөнелтілуі бойынша орташа тәуліктік сыртқы жүк ағындары, т	273,44
Қоймаға жүктерді өңдеудің орташа тәуліктік шамасы, т	1421,88
Ішкі жүк ағындарының сағаттық қарқындылығы, т / сағ.	66,65
Қойма үй-жайының ауданы, м ²	6 927,06
Қоймада сақталатын жүгі бар поддондарының саны, бірл.	11 020,00
Тиегіштер саны, бірл.	20
Түсіру докторының саны, бірл.	3
Тәулік ішінде түсірілетін автомобильдердің орташа саны	24
Жүктеме докторының саны, бірл.	3
Тәулік ішінде жүктелетін автомобильдердің орташа саны	48

«Ауыл-нұр» Ғылыми-техникалық және Инновациялық Корпорациясы орындаған қойманың технологиялық аудитінің нәтижелері бойынша хронометраждық байқаулар арқылы тиісті аймақтар үшін тиегіштерді пайдалану коэффициенттері айқындалды (1 сурет).



1 сурет - Тиісті қойма аймақтары үшін тиегіштерді пайдалану коэффициенттерінің мәндері

Сурет бойынша келесідей талдау қорытындыларын жасауға мүмкіндік береді:

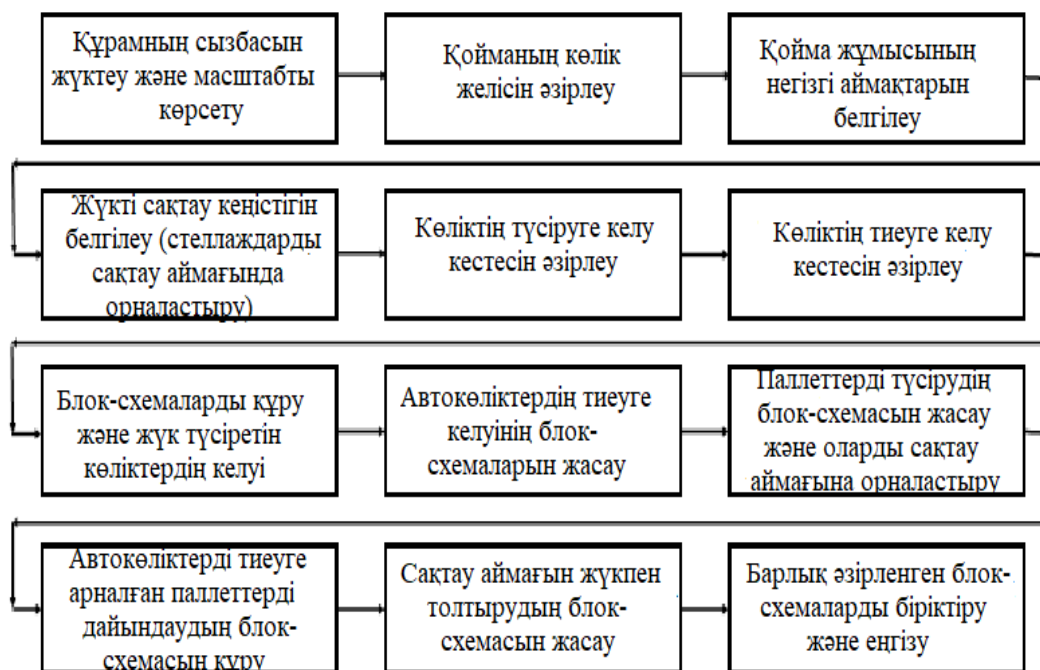
- тиегіштерді пайдалану коэффициенттерінің мәндері 0,41 0,92 диапазонында бөлінеді;

- сақтау аймағында тиегіштерді пайдалану коэффициенттерінің орташа мәні 0,76; түсіру аймағында – 0,49; жүктеме аймағында – 0,56 құрайды;

- жалпы құрамы бойынша тиегіштерді пайдалану коэффициенттерінің орташа өлшенген мәні 0,69 құрайды.

Осылайша, зерттеу объектісінде негізгі өндірістік қуаттардың 31% толық пайдаланылмағаны байқалады, бұл оларды пайдалану мен күтіп ұстау шығындарының артуына және қоймаға қызмет көрсететін персоналдың қажетті санының ұлғаюына әкеледі.

AnyLogic ортасында алдыңғы сөрелермен жабдықталған қойма кешенінің имитациялық моделін жасау. AnyLogic ортасында алдыңғы сөрелермен жабдықталған қойма кешендерінің имитациялық модельдерін жасау үшін жалпыланған алгоритм әзірледі (2 сурет).

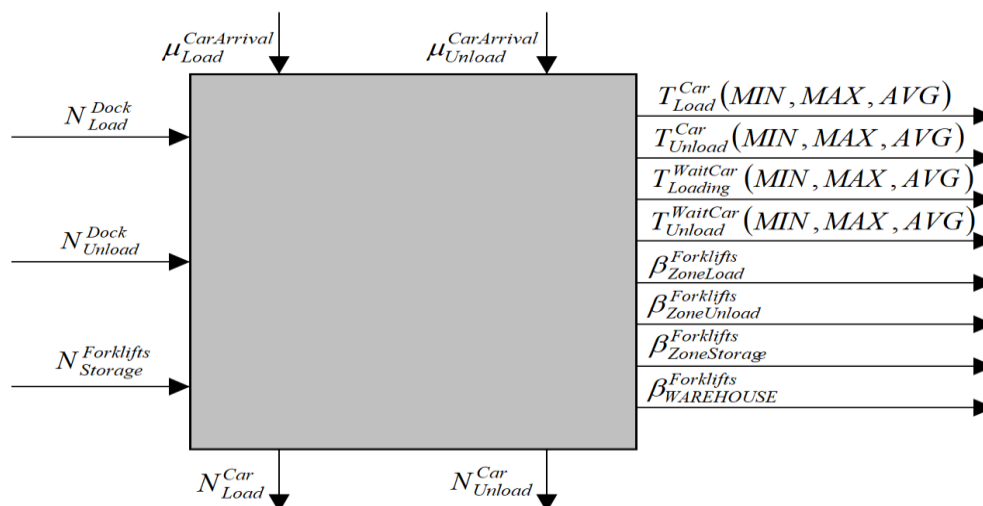


2 сурет - Қойманың тиісті аймақтары үшін тиегіштерді пайдалану коэффициенттерінің мәндері

Сыртқы және ішкі жүк ағындарын өңдеу нәтижесінде қоймаларда болатын технологиялық процестердің құрылымын талдау модельденген процесті кіріс сыйымдылығы шектеулі жабық типтегі стохастикалық көп фазалы көп арналы жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынуға болады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Модельдеу экспериментін құру және модельдеу нәтижелерін талдау.

Әзірленген имитациялық модель құрамның кіріс және шығыс параметрлері, сондай-ақ оның ресурстары арасындағы корреляциялық қатынастар мен қатынастарды анықтауға және орнатуға мүмкіндік береді, мысалы, тиегіштердің (немесе доктордың) саны мен көлік құралдарын түсіру (тиеу) ұзақтығы, оларды күту уақыты, тиегіштерді пайдалану коэффициенттері және т.б.. Осыны ескере отырып, алдыңғы сөрелермен келесі қара жәшік үлгісі ретінде ұсынылуы мүмкін (3 сурет).



3 сурет - Қойма кешенінің жұмыс істеуінің қара жәшік моделі

3-суретте көрсетілген шартты белгілер:

N_{Load}^{Dock} - қоймадағы жүктеме доктарының саны, бірлік.;

N_{Unload}^{Dock} - қоймадағы түсіру доктарының саны, бірл.;

$N_{Storage}^{Forklifts}$ - сақтау аймағындағы тиегіштердің саны, бірл.;

$\mu_{Load}^{CarArrival}$ - автомобильдердің тиеуге келуінің тәуліктік қарқындылығы, бірл.;

$\mu_{Unload}^{CarArrival}$ - автомобильдердің түсіруге келуінің тәуліктік қарқындылығы, бірл.;

N_{Load}^{Car} - тәулік ішінде тиелген автомобильдер саны, бірл.;

N_{Unload}^{Car} - тәулік ішінде түсірілген автомобильдер саны, бірл.;

$T_{Load}^{Car}(MIN, MAX, AVG)$ - автомобильдердің жүктелу ұзақтығы (минималды, максималды және орташа), мин.;

$T_{Unload}^{Car}(MIN, MAX, AVG)$ - автомобильдерді түсіру ұзақтығы (минималды, максималды және орташа), мин.;

$T_{Load}^{WaitCar}(MIN, MAX, AVG)$ - автомобильдердің жүктелуін күту ұзақтығы (минималды, максималды және орташа), мин.;

$T_{Unload}^{WaitCar}(MIN, MAX, AVG)$ - автомобильдерді түсіруді күту ұзақтығы (минималды, максималды және орташа), мин.;

$\beta_{ZoneLoad}^{Forklifts}$, $\beta_{ZoneUnload}^{Forklifts}$, $\beta_{ZoneStorage}^{Forklifts}$, $\beta_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$ - тиегіштерді тиеу, түсіру, сақтау аймақтарында және орташа қоймада пайдалану коэффициенттері.

Қара кеуде моделін талдау келесі тұжырымдарды жасауға мүмкіндік береді:

$\mu_{Load}^{CarArrival}$ және $\mu_{Unload}^{CarArrival}$ модельдің кіріс параметрлері болып табылады;

N_{Load}^{Car} және N_{Unload}^{Car} модельдің бастапқы параметрлері болып табылады;

N_{Load}^{Dock} , N_{Unload}^{Dock} және $N_{Storage}^{Forklifts}$ бар-эртүрлі параметрлер;

$T_{Load}^{Car}(MIN, MAX, AVG)$, $T_{Unload}^{Car}(MIN, MAX, AVG)$, $T_{Loading}^{WaitCar}(MIN, MAX, AVG)$,

$T_{Unload}^{WaitCar}(MIN, MAX, AVG)$, $\beta_{ZoneLoad}^{Forklifts}$, $\beta_{ZoneUnload}^{Forklifts}$, $\beta_{ZoneStorage}^{Forklifts}$ және $\beta_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$ жүйенің тиімділігін бағалауға мүмкіндік беретін параметрлер бар.

AnyLogic-те модель логикасын іске асырудың ерекшеліктерін ескере отырып, модельдеу экспериментіне дайындық кезінде келесі болжамдар жасалды (содан кейін модельде бағдарламалық түрде жүзеге асырылды):

- түсіру аймағының тиегіштерінің саны (жүктеме) осы аймақтың доктарының санына байланысты (эр қондырғыға 1 тиегіш бекітіледі);

- доктардың саны азайған кезде, қондырғыға бекітілген тиегіштер жүйеден шығарылады;

- сақтау аймағындағы тиегіштердің саны тиісінше түсіру және тиеу аймақтарына бекітілетін екі топқа бөлінеді;

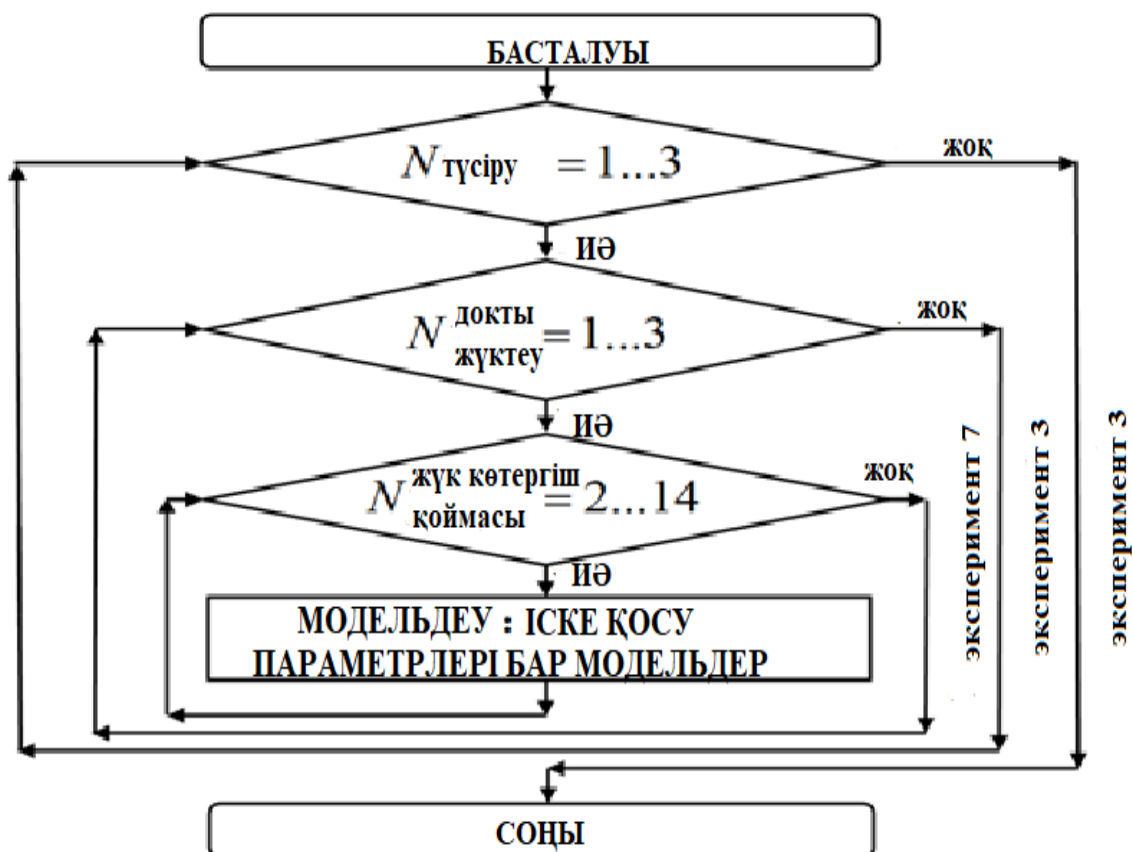
- сақтау аймағындағы тиегіштердің саны екі-екіден өзгереді;

- тиеу және түсіру кезінде автомобильдердің келу қарқындылығы 6 және 3 авто/сағ. тиісінше.

Өзірленген имитациялық эксперименттің сандық параметрлері 3-кестеде келтірілген және оны іске асыру алгоритмі 4-суретте берілген. Үштік кірістірілген циклден тұратын ұсынылған алгоритмнің құрылымын ескере отырып (4 сурет) және имитациялық эксперименттің сандық параметрлері (2 кесте) модельдің жүгіру саны 63 нұсқаны құрады.

2 кесте - Имитациялық эксперименттің сандық параметрлері

МОДЕЛЬДІҢ КІРІС ПАРАМЕТРЛЕРІ			
Көрсеткіш	Белгі	Мағынасы	
Автокөліктердің түсіруге келуінің тәуліктік қарқындылығы	$\mu_{Unload}^{CarArrival}$	24	
Автомобильдердің тиеуге келуінің тәуліктік қарқындылығы	$\mu_{Load}^{CarArrival}$	48	
ӘРТҮРЛІ ПАРАМЕТРЛЕР			
Көрсеткіш	Белгі	Мағынасы	
		MIN	MAX
Түсіру доктарының саны	N_{Unload}^{Dock}	1	3
Жүктеме доктарының саны	N_{Load}^{Dock}	1	3
Сақтау аймағындағы тиегіштердің саны (екі топ)	$N_{Storage}^{Forklifts}$	2(1+1)	14(7+7)



4 сурет - Қойма кешенінің жұмыс істеуінің «Қара жәшік» моделі

Эксперимент нәтижелерін интегралды бағалау. Ең жақсы нұсқаны таңдау.

Логистикада қолданылатын модельдер мен әдістердің ішінде (оның ішінде қоймалық логистика) бірнеше қол жетімді нұсқалардың ішінен ең жақсы баламаны таңдау туралы шешім қабылдауға мүмкіндік беретін бірқатар модельдерді бөліп көрсету қажет. Сонымен, сенімділік жағдайында оңтайландыру, тапсырыс беру және ерікті таңдау қолданылуы мүмкін; ал белгісіздік жағдайында ойын теориясы, утилитар теориясы, стохастикалық шешімдерді ескеретін модельдер және т.б. таңдау құрылымын сипаттау үшін үш негізгі тәсіл бар: критериалды, екілік қатынастар және таңдау функциялары. Көп

жағдайда баламаларды салыстыру оларды бірнеше критерийлер бойынша бағалау қажеттілігіне әкеледі. Айта кету керек, қойма жұмысын ұйымдастырудың ұтымды нұсқасын таңдау әртүрлі әдістерді қолдануға болатын көп өлшемді тапсырмалар класына жатады.

Іс жүзінде көбінесе екі тәсіл (немесе олардың комбинациясы) ажыратылады, олардың негізінде ұтымды нұсқаны таңдауға болады:

- аналитикалық тәсіл қойманың тиімділігін сипаттайтын бірқатар параметрлерді қамтитын есептелген тәуелділіктерді қолдана отырып таңдауды ұсынады;

- сарапшы мамандардың зерттелетін параметрлерді (нұсқаларды) саралауынан тұратын сараптамалық тәсіл.

Қойма кешенін пайдаланудың оңтайлы нұсқасын таңдау үшін жүйе жұмысының келесі көрсеткіштері таңдалды $N_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$: қоймада пайдаланылатын тиегіштердің жалпы саны $\beta_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$; қоймада орташа тиегіштерді пайдалану коэффициенті $T_{Load}^{Car}(AVG)$, $T_{Unload}^{Car}(AVG)$; автомобильдерді тиеу мен түсірудің орташа ұзақтығы; тиеу және түсіру кезінде автомобильдерді күтудің орташа ұзақтығы $T_{Load}^{WaitCar}(AVG)$, $T_{Unload}^{WaitCar}(AVG)$.

Қойма кешенінің оңтайлы нұсқасын анықтау үшін таңдалған көрсеткіштердің сандық мәндері 3-ші кестеде келтірілген.

3 кесте - Қойма кешенінің оңтайлы нұсқасын анықтау үшін таңдалған көрсеткіштердің сандық мәндері

Көрсеткіш	Көрсеткіштің мәні				Үздік көрсеткіш	
	60	61	62	63		
Жүріс нөмірі	60	61	62	63		
Жүріс шифры	3DU3DL14F	3DU3DL16F	3DU3DL18F	3DU3DL20F	Бағыт	Мағынасы
$N_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$	14	16	18	20	MIN	14
$\beta_{WAREHOUSE}^{Forklifts}$	0,81	0,79	0,76	0,69	MAX	0,81
$T_{Unload}^{Car}(AVG)$	17,14	16,03	15,14	14,82	MIN	14,82
$T_{Load}^{Car}(AVG)$	36,18	34,87	34,86	34,08	MIN	34,08
$T_{Unload}^{WaitCar}(AVG)$	11,24	10,67	9,08	8,80	MIN	8,80
$T_{Load}^{WaitCar}(AVG)$	15,49	14,38	12,78	12,06	MIN	12,06

Жүріс шифрын кодтау: «3du3dl14f»: қоймада 3 түсіру докторы, 3 тиеу докторы жұмыс істейді және 14 тиегіш жұмыс істейді.

Композиция жұмысының тиімділігін бағалауда авторлар кешенді индикатордың құрылымын келесі түрдегі функционалдылық түрінде ұсынады:

$$K_i = \sum_{j=1}^n \omega^j \cdot k_i^j \rightarrow \max \quad (2)$$

Мұндағы k_i^j - жүрістегі көрсеткіштің салыстырмалы шамасы;

n - ескерілетін көрсеткіштер саны;

ω^j - j - көрсеткіштің үлес салмағы.

Салыстырмалы шамалар әр көрсеткіштің нашарлау дәрежесін көрсетеді, ол ең жақсымен салыстырғанда қарастырылады мәні зерттелетін топта:

$$k_i^j = \begin{cases} \frac{X_i^{j(best)}}{X_i^j}, & \text{якщо } X_i^{j(best)} = \min(X_i^j) \\ \frac{X_i^j}{X_i^{j(best)}}, & \text{якщо } X_i^{j(best)} = \max(X_i^j) \end{cases} \quad (3)$$

Мұндағылар

X_i^j - жүру үшін абсолютті көрсеткіш;

$X_i^{j(best)}$ - жүру үшін ең жақсы көрсеткіш.

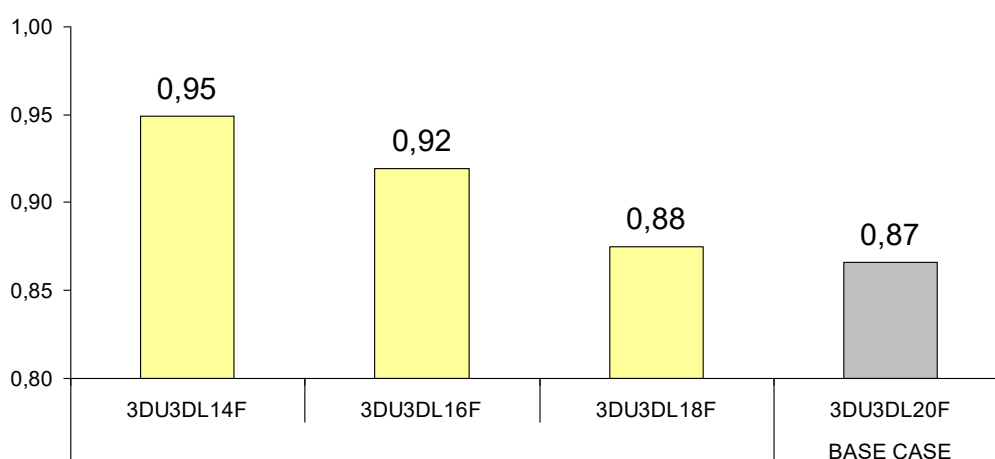
Көрсеткіштер құрамның тиімділігіне әсер етудің әртүрлі бағытына ие бола алатындығына байланысты, әр жүгіру үшін барлық қарастырылған нұсқалардың ішінен ең жақсы көрсеткіш ретінде минималды немесе максималды мән қабылдануы мүмкін:

$$X_i^{j(best)} = \min(X_i^j) \text{ OR } \max(X_i^j). \quad (4)$$

Мұндағы $X_i^{j(max)}$, $X_i^{j(min)}$ - ең жоғары (ең төменгі мән) жүріс көрсеткіші.

Сондай-ақ ω^j -шы көрсеткіштің үлес салмағын айқындауға қатысты сауалнама нәтижелері («Ауыл-нұр «Ғылыми-техникалық және Инновациялық Корпорациясы, Қазақстан Республикасы) j -ші сауалнамадан келтірілді.

Сауалнама қойма логистикасы мәселелеріне маманданған Алматы қаласының жетекші мамандары арасында жүргізілді. Орындалған есептеулер негізінде (2) көрсетілген кешенді K_i көрсеткіштің мәндері анықталды және 5-ші суретте берілген.



5 сурет - Есептеу нәтижелері қойма кешенінің жұмыс істеу тиімділігінің кешенді K_i көрсеткішінің мәні

Талдау 5-сурет «3DU3DL14F» нұсқасында қойманы пайдалану 6 тиегішті жұмыстан босатуға, ұсынылған кешенді критерий бойынша оның жұмыс тиімділігін 8% -

ға арттыруға мүмкіндік береді, сонымен бірге көлік құралдарын тиеуге, түсіруге және күтуге кететін уақыттың маңызды өсуінсіз күнделікті жүк ағындарын игеруді қамтамасыз етеді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Қорытындылар.

Қазіргі заманғы қойма кешендерінің жеткіліксіз саны, сондай ақ олардың жұмыс істеуін оңтайлы ұйымдастыру жүк ағындарының тұрақты өсуіне қарамастан, Қазақстан Республикасының транзиттік дәлізін дамыту әлеуетін айтарлықтай шектейді. Осылайша, Алматыда орналасқан сақтау аймағындағы фронтальды стеллаждармен жабдықталған А класты қойма кешенінің технологиялық аудитінің нәтижелері бойынша негізгі өндірістік қуаттардың 31% жүктелмегені анықталды, бұл оларды пайдалану мен техникалық қызмет көрсету шығындарының артуына және қойманың қызмет көрсету персоналының қажетті санының ұлғаюына әкеледі.

Орындалған есептеулердің нәтижелері үш тиеу-түсіру доктарымен жабдықталған және 14 тиегіш жұмыс істейтін қойманы пайдалану ұсынылған кешенді критерийге сәйкес оның жұмыс тиімділігін 8% арттыру үшін алты жүк көтергішті жұмыстан босатуға мүмкіндік беретіндігін растады. күнделікті жүк тасымалын игеру, жүк тиеуге кететін уақытты критикалық арттырмай Көлік құралдарын тиеу, түсіру және күту.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Казлогистика. Статистика за I полугодие 2022 года. Доступно по адресу: <https://www.kazlogistics.kz/ru/library/statistika/20>.
- [2] Складская логистика на пороге перемен. Доступно по адресу: https://forbes.kz/stats/3pl_drayer_razvitiye_riteyla/
- [3] Иманбекова М.А., Абзал С. Развитие инновационной складской системы Казахстана. Вестник КазАТК. 2022. Том 1(120). С. 62-69.
- [4] Логистический потенциал Алматы. Роль мегаполиса Казахстана в «Нурлы жол» и китайской стратегии «Один пояс, один путь». Доступно по адресу: <https://trans.info/ru/logisticheskiy-potentsial-almatyrol-kazahstanskogo-megapolisa-v-strategii-nurlyi-zhol-i-kitaya-odin-poyas-odin-put-260667>.
- [5] Zhang, Y. & Wang, Y. & Wu, L. Research on demand-driven leagile supply chain operation model: a simulation based on AnyLogic in system engineering. Systems Engineering Procedia. 2012. Vol. 3. P. 249-258.
- [6] Eller, B. & Movahedi Rad, M. & Fekete, I. & Szalai, S. & Harrach, D. & Baranyai, G. & Kurhan, D. & Sysyn, M. & Fischer, S. Examination of concrete canvas under quasi-realistic loading by computed tomography. Infrastructures. 2023. Vol. 8(2). P. 23.
- [7] Fischer, S. Investigation of the horizontal track geometry regarding geogrid reinforcement under ballast. Acta Polytechnica Hungarica. 2022. Vol. 19(3). P. 89-101.
- [8] AnyLogic: simulation modelling for business. Available at: <https://www.anylogic.com/>.
- [9] Silva, A. & Roodbergen, K.J. & Coelho, L.C. & Darvish, Maryam. Estimating optimal ABC zone sizes in manual warehouses. International Journal of Production Economics. 2022. Vol. 252. No. 108579. 160 G. Zhanbirov, V. Litvin, I. Taran, M. Iztelevova, D. Aliakbarkyzy
- [10] Celik, M. & Archetti, C & Süral, H. Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem. European Journal of Operational Research. 2022. Vol. 301(3). P.1117-1132.
- [11] Oliveira, R.L.M.De. & Dablanc, L. & Schorung, M. Changes in warehouse spatial patterns and rental prices: Are they related? Exploring the case of US metropolitan areas. Journal of Transport Geography. 2022. Vol. 104. No. 103450.

Galymzhan Zhanbirov, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, 7997709@mail.ru

Batyrbek Musabayev, doctor of technical sciences, professor, Almaty, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, musabaev-54@mail.ru

OPTIMIZATION OF LOGISTICS WAREHOUSE COMPLEX RESOURCES

Abstract. This article discusses modern warehouse solutions and the main production and technological parameters to study the impact of volumetric planning on the efficiency of its work. Modeling The modeling method was used for analysis, research and justification, and the «Anylogic» software product was used as a modeling environment

In this article, a generalized algorithm for building an effective system is performed, models of warehouse complexes and a model of 114 blocks are proposed. The model is presented in the form of a black box, which made it possible to determine correlations and relationships between input and output parameters of the warehouse system, as well as its resources. Based on the simulation experiment, 63 model calculations were carried out. As a result of the simulation, four warehouse options were installed, which provided unloading and loading of the required number of wagons during the day. The best complex criterion was chosen based on the proposed functioning of the warehouse complex

Keywords. Warehouses, numerical modeling, internal transport, performance analysis, unloading, loading, efficiency.

Галымжан Жанбиоров, докторант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, 7997709@mail.ru

Батырбек Мусабаев, д.т.н., профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, musabaev-54@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В данной статье рассмотрены современные складские решения и основные производственно-технологические параметры для изучения влияния объемного планирования на эффективность его работы. Моделирование метод моделирования использовался для анализа, исследования и обоснования, а программный продукт «Anylogic» использовался в качестве среды моделирования

В данной статье выполнен обобщенный алгоритм построения эффективной системы, предложены модели складских комплексов и модель из 114 блоков. Модель представлена в виде черного ящика, что позволило определить корреляции и отношения между входными и выходными параметрами складской системы, а также ее ресурсы. На основе имитационного эксперимента было проведено 63 модельных расчета. В результате моделирования были установлены четыре варианта склада, которые обеспечивали разгрузку и погрузку необходимого количества вагонов в течение суток. Наилучший комплексный критерий был выбран исходя из предложенного функционирования складского комплекса

Ключевые слова. Склады, численное моделирование, внутренний транспорт, анализ производительности, разгрузка, погрузка, эффективность.
