



ИМИТАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ОЦЕНКА НА ПРОПУСКАТЕЛНАТА СПОСОБНОСТ НА ПЪТНИЧЕСКИ ТЕРМИНАЛ. МОДЕЛИРАЩ АЛГОРИТЪМ.

Тонко ПЕТКОВ
ivt.petkov@tea.bg

Тонко Петков, ст.н.с д-р инж., Аерогара София, Институт по въздушен транспорт, София,
БЪЛГАРИЯ

Резюме: В доклада се описва моделиращ алгоритъм за изграждане на имитационен модел за оценка на пропускателната способност на пътнически терминал на летище. Основното предназначение на модела е да бъде средство за управление на пропускателната способност на терминала на етапа на планиране на разписанието на полетите с цел оптимално постигане на зададено качество на обслужване на пътниците.

Ключови думи: пропускателна способност, пътнически терминал, имитационно моделиране.

ВЪВЕДЕНИЕ

Пътникопотокът през националните ни летищата, които обслужват основно чартърни полети се характеризира с концентрация през летните месеци, когато се обслужват около и над 90% от пътниците. Тази значителна сезонна неравномерност на потока пътници поставя проблеми по отношение осигуряване на зададено високо качество на обслужване на пътниците. Показател на това качество е преди всичко времето на пребиваване на пътника в различните обслужващи системи и в терминала като цяло и размера на предоставяните площи, свързани с обслужването.

Управлението на пропускателната способност (ПС) на пътнически терминал с оглед постигане на оптимално качество на обслужване на пътниците, в условията на изградени вече нови терминали е възможно и на етапа на планиране на полетите.

Целта на предлагания моделиращ алгоритъм е да се получи оценка за пропускателната способност на пътнически терминал, включително в условията на постигане на зададено качество на обслужването. Тази оценка може да се получи на етапа на утвърждаване на сезонното

разписание на полетите като чрез моделиране на възможни сценарии на разписанието да се създаде възможност за активно управление на ПС чрез управление на потребностите.

Оценката на ПС може да се получи чрез оценка за броя на пътниците, намиращи се едновременно в пътнически терминал (поотделно за заминаващите и пристигащите пътници) в зависимост от интензивността на полетите до и от летището. Разгледано е обслужване на организирани чартърни пътници, които се движат на групи.

ЗАМИНАВАЩИ ПЪТНИЦИ

Пътниците, които заминават пристигат в терминала на групи (с автобуси). Нека планираното време за излитане на j -тия полет е T_j . Пътниците за полет j трябва да бъдат в зоната за регистрация на пътниците и оформяне на багажите определено време t_a преди обявеното време за излитане. Обикновено се задава едно критично време t_k преди обявения часа на излитане, след което приключва приемането на пътници за даден полет (това време е свързано с критичния път на продължителността на

операциите по предполетното обслужване на пътниците и техните багажи). Времето t_a се определя така, че ако регистрацията за полета започне в момента $T_j - t_a$ и приключи в момента t_k , то към момента T_j да са приключили всички операции по предполетното обслужване на пътниците и те да са на борда на самолета. Времето за явяване на пътниците преди обявения час на излитане е един от показателите за качество на обслужването. Времето на пребиваване на пътниците в терминала, лимитирано от операциите по предполетното обслужване, е също така показател, който пряко влияе върху размера на необходимите площи за обслужване на пътниците, които площи също са един от показателите на качеството на обслужване на пътниците в терминала.

Върху времето за пребиваване в терминала най-съществено влияние оказва времето за обслужване на заявката (групата пътници за дадения полет j) в зоната на регистрация на пътниците и оформяне на багажите- $t_{ch,j}$.

Обслужването в тази зона е СМО с входящ поток пътници и обслужващ апарат чекин-геше. Тази СМО може да работи (в зависимост от организацията) едноканално (обслужване само на едно гише за определен полет) или многоканално (обслужване на повече от едно гишета). Във втория случай по принцип е възможно да бъдат определени няколко гишета за обслужване само на един полет, или няколко гишета да обслужват едновременно различни полети. Системата се характеризира с някаква пропускателна способност и показател за качеството на функционирането на системата - максималното време на изкачване на обслужването от пътник.

Следваща операция по обслужването на заминаващите пътници е проверката за сигурност. Това също е една СМО, която работи с един или повече канали и може да се характеризира с някаква пропускателна способност, т.е. с интензивността на обслужването или броя пътници, преминаващи през обслужващата система за определено време и показател на качеството-максималното време на изчакване на проверката от пътник. Строго казано, обслужващите канали тук не са свързани с едновременното обслужване само на един полет (j -тия полет) и обслужват пътниците

за всички полети. На практика може да се приеме, че при обслужване на групи е разумно допускането, че в повечето случаи групата се движи компактно и постъпва в обслужващата система едновременно без съществено смесване с група за друг полет. При обслужване на единични пътуващи (т.е. не групово пътуващи) потокът, постъпващ в системата е смесен-за всички обслужвани полети.

Паспортната проверка, разглеждана като СМО се характеризира с обслужване на няколко канала, като биха могли да бъдат обособени един или повече канали за обслужване на пътници с еднаква характеристика (напр. вътрешни за ЕС полети) с цел увеличаване на пропускателната способност на системата. Системата се характеризира с някаква пропускателна способност и показател за качеството на функционирането на системата - максималното време на изкачване на обслужването от пътник.

Последният етап в предполетното обслужване на пътниците е отвеждането до самолета. Отвеждането става групово като групата за даден полет се събира или в отделна чакалня за отвеждане към самолета, или пред изход (изходи) за отвеждане към самолета като се използва част от общата чакалня за заминаващи пътници. отвеждането започва в някакъв момент t_b преди планираното време за излитане T_j , определен по правило по технологичния график за обслужване на самолета.

Отвеждането за полета j се извършва обикновено през един изход (в някои случаи при самолети с голяма пътниковместимост и при съответна организация в терминала е възможно да се предвиди извеждане през два изхода). Когато всички изходи са заети, пътниците от други полети, за които би трябвало да започне отвеждането към самолета ще изчакат началото на отвеждането до освобождаване на подходящ изход. в терминали, при които отвеждането към самолета се извършва с помощта на пътнически ръкави, извеждането на пътниците за конкретен полет j може да се изпълни само на конкретен изход, към който е присъединен самолета за полета j , но при отвеждане на пътниците с автобуси обслужващата система е по-гъвкава и отвеждането може да стане през всеки свободен изход. в случай, че по някаква причина има закъснение на полета ($T_j' > T_j$) престоят на пътниците за полета j в общата чакалня за

заминаващите пътници ще продължи по-дълго и съответно броят на заминаващите пътници в терминала ще бъде по-голям през допълнителния интервал на престоя. от момента на започване на отвеждането, системата за отвеждане на пътниците се характеризира с интензивност на обслужване на пътниците (т.е. с темпа на намаляване в терминала на броя пътници за полета j).

Модул 1. Входящ поток заминаващи пътници

Входящият поток заминаващи пътници се формира във връзка с разписанието (плана) за полетите. Планът за излитащите полети е детерминиран както от гледна точка плановото време за излитане T_j , така и от гледна точка типът самолет, предвиден за j -тия полет. Броят на пътниците за даден полет N_j , строго казано е случайна величина, която зависи от пътниковместимостта на самолета, търсенето за дадено направление и други фактори. Когато разглеждаме чартърни полети в натоварения сезон на организирани групи можем да приемем, че основният фактор е пътниковместимостта на ВС, или $N_j = f(Tip_{AC,j})$. Разглеждаме случая когато пътниците за чартърните полети пристигат на летището организирано групово с автобуси. Очевидно пристигането на групата за даден полет не става едновременно във времето, а в течение на някакъв временен интервал (автобусите, дори да се стремят да се движат в пакет на практика не пристигат едновременно). Също така, членовете на групата слизат от автобуса и получават багажа си в някакъв интервал от време. Не се предполага всички членове на групата да се изчакват преди влизане в терминала. В същото време момента на започване на регистрация за полета j на групата е общо взето фиксиран към обявеното време за излитане. В крайна сметка, дори пътниците от групата за j -тия полет да пристига пред терминала в някакъв интервал от време, то може да се приеме, че цялата група се намира в терминала в зоната за регистрация на пътниците и оформяне на багажите преди или към момента на започване на регистрацията t_a .

За да оценим ПС, включително с оглед показателите за качество на обслужване на пътниците, е необходимо да имаме

информация за движението на пътниците в терминала в течение на времето.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

F_1 -формиране на заявката j , $(T_j; Tip_{AC,j}; N_j)$, където $N_j = f(Tip_{AC,j})$,

F_2 -формиране на момента, в който пътниците за полета j започват да влизат в терминала: $T'_a = T_j - t'_a$, където t'_a е

обявеното време за явяване преди полета (1 час, 2 часа, три часа...) и $T'_{a,j}$ е истинското време от денонощието.

A_3 -изчислява истинското време T_{nj} за отчитане на броя пътници, за j -тия полет, влезли в терминала: $T_{nj} = T'_{a,j} + t$, където t е стъпката в минути, през която се отчита броя на пътниците n_j от полет j , влезли в терминала (началното значение за $t=0$);

K_4 -изчислява колко пътници са влезли в терминала към момента T_{nj} :

$n_j = k(T_{nj} - T'_{a,j})$, където k е интензивността на влизане в пътник/минута;

P_5 -проверява условието $n_j \geq N_j$;

A_6 -придвижва часовника с една минута напред: $t = t + 1$,

A_7 -записва данните за броя на пътниците, влезли в терминала към момента T_{nj} :

$n_j = f(T_{nj})$;

K_8 -преминаване към обработка на следващата заявка: $j = j + 1$;

P_9 -проверява условието дали е свършил списъка на полетите: $j < J$, където J е броя на заминаващите полети в списъка;

Операторът A_{10} обработва резултатите от моделирането и извежда резултати, необходими за анализа на функционирането на системата.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

7^F1^F2⁶3^A4^K5^P↓6^A7^K8^P↑9¹10^Я5³6^A

Модул 2. Работа на системата за регистрация на пътниците и оформяне на багажите
 Функционирането на системата за регистрация на пътниците и оформяне на багажите трябва да се характеризира с максималното време за изчакване на обслужването от отделен пътник w_i , което не трябва да бъде по-голямо от зададено W_{\max} , или с времето за обслужване на заявката (обслужване на групата за j -тия полет) - $t_j^{обсл}$.

Времето $t_j^{обсл}$ е случайна величина, функция на броя обслужени пътници N_j , разпределението на времето за обслужване на отделен пътник τ_j , броят обслужващи апарати (гишета) s_j .

Интересно е, че максималната потребна площ за пътниците в зоната на регистрирането им (при минимално допустим стандарт за определен интервал от време) ще бъде необходима за някакъв интервал от време, през който пътниците от групата j се намират в терминала преди започване на регистрацията за полета. В последствие със започване на регистрацията опашката започва да намалява и до определен момент потребната площ ще съответства на следващото, по-високо равнище на стандарта. След още някакъв интервал от време се достига следващо по-високо равнище на качеството по отношение осигуряваната площ в зоната на обслужване и т.н. Нормално е да се предположи, че до приключване на регистрацията на групата за j -тия полет, зоната около обслужващите я гишета може да се заеме от друга група само ако по някакъв начин е обявено и е сигурно, че тази друга група ще бъде обслужвана на същото гише (гишета). В противен случай зоната е свободна и позволява повишаване на качеството по отношение предоставените площи за обслужване в зоната.

Варирайки с възможния брой обслужващи апарати можем да определим оптималното време за обслужване на групите и оттам да се зададе оптимален момент за пристигане на

групата в терминала преди излитането (т.е. да се минимизира това време).

За цялата обслужваща зона на регистрация могат да се определят моментните състояния (потребности) от площи при зададено минимално и целено качество на обслужване както по отношение на размера на площите, така и по отношение на максималното време на изчакване от пътник.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

F_{10} -определяне на началото на обслужването за j -тия полет T_{aj} (от mod. 1);

F_{11} -задаване на броя обслужващи гишета за полет j : s_j ;

A_{12} -присвояване на начално значение на брояча на необслужените пътници: $I = N_j$;

F_{13} -определяне на момента на освобождаване на първия канал (гише):

$$\min \left\{ t_k^{ocв}, k \in [1, s_j] \right\};$$

P_{14} -проверява условието $t_k^{ocв} \leq T_{aj}$;

$$A_{15} - t_k^{ocв} = T_{aj};$$

P_{16} -проверка на условието $I < 0$;

Φ_{17} -генериране на времето за обслужване на пътник τ_i ;

A_{18} -определяне на момента на освобождаване на канала: $t_k^{ocв} = t_k^{ocв} + \tau_i$;

A_{19} -Формиране на масив обслужени заявки (пътници);

P_{20} -проверява условието:

$t_k^{ocв} - T_{aj} > W_{\max}$, т.е. дали обслуженият пътник е изчаквал повече от зададеното време;

A_{21} -извежда обслужения пътник от системата (намалява броя на чакащите обслужване пътници): $I = N_j - 1$;

K_{22} брой случаите, при които се
превишава допустимото време за чакане:

$$q_j = q_j + 1;$$

A_{23} -изчислява времето за обслужване на
групата j : $t_j^{обсл} = \max\left\{t_k^{ocв}, k \in [1, s_j]\right\}$

K_{24} -бройч на обслужените полети:
 $j = j + 1;$

P_{25} -проверява дали е изчерпан списъка на
обслужваните полети: $j < J$, където J е броят
полети в списъка. Последният оператор $Я_{26}$
обработва резултатите за анализ на
функционирането на системата.

Операторната схема на този алгоритъм е
както следва:

$${}^{25}F_{10}F_{11}.A_{12}{}^{21}F_{13}P_{14\downarrow 16}.A_{15}{}^{14}P_{16}^{\uparrow 23}\Phi_{17}.A_{18}.A_{19}$$

$$P_{20}^{\uparrow 22}.A_{21}^{13}.A_{22}^{21}.A_{23}.A_{24}.P_{25}^{\uparrow 10}.Я_{26}$$

Модул 3. Работа на системата за проверка за
сигурност.

В тази система попадат регистрираните
пътници от всички обслужвани полети, Тук се
загубва групирането на пътниците по рейсове.
Тя се характеризира с максимално време за
изчакване обслужването на пътник. Системата е
тривиална СМО (ако се изключат събитията,
свързани с допълнителна индивидуална
проверка на пътници с мотива, че това се прави
паралелно в отделно помещение, т.е. пътникът
напуска основния пътничопоток и не задържа
обслужването на останалите пътници).

За да опишем моделиращия алгоритъм на
този модул въвеждаме следните оператори:

F_{27} -задава броя на обслужващите
пунктове за проверка: s_{sec} ;

Φ_{28} -формиране на входящия поток
заявки за обслужване:

$$t_i = \min\left\{t_{i,j}^{обсл}, i \in [1, N_j], j \in [1, J]\right\}$$

A_{29} -определя момента на освобождаване
на първия канал:

$$t_k^{ocв} = \min\left\{t_k^{ocв}, k \in [1, s_{sec}]\right\}$$

P_{30} -проверява дали освобождаването на
канала е настъпило преди постъпване на
заявката: $t_k^{ocв} \leq t_i$;

$$A_{31}.t_k^{ocв} = t_i;$$

Φ_{32} -формира времето за обслужване на
заявката (пътника) τ_s ;

A_{33} -определя момента на освобождаване
на обслужващия канал: $t_k^{ocв} = t_k^{ocв} + \tau_s$;

A_{34} -запомняне на масива изходящ заявки,
 $t_{i,j}^{ocв}$;

P_{35} -проверка на условието:

$t_k^{ocв} - t_i > W_{max}^{sec}$, където W_{max}^{sec} е зададения
лимит за изчакване на опашка;

A_{36} -изважда обслужената заявка от базата
данни;

P_{37} -проверява дали са свършили заявките
в базата данни: $\sum_i^J N_j = 0$;

K_{38} -бройч на случаите, при които
изчакването на опашка е по-дълго от
лимитираното.

Операторът $Я_{39}$ обработва резултатите от
моделирането и извежда резултати, необходими
за анализа на функционирането на системата.

Операторната схема на този алгоритъм е
както следва:

$$F_{27}\Phi_{28}.A_{29}.P_{30,\downarrow 32}.A_{31}$$

$$\Phi_{32}.A_{33}.A_{34}.P_{35}^{\uparrow 38}.A_{36}.P_{37\downarrow 39}^{\uparrow 28}.K_{38}{}^{37}Я_{39}$$

Модул 4. Работа на системата за паспортна
проверка

В тази система попадат регистрираните и
проверени за сигурност пътници от всички
обслужвани полети, Тук е загубено
групирането на пътниците по рейсове. Тя се
характеризира с качествения показател
максимално време за изчакване обслужването
на пътник. Системата има възможни
приоритети за пътници с опростена паспортна
проверка (например, пътуващи по вътрешни
линии, или пътуващи в рамките на ЕС). Има

няколко гишета за паспортна проверка, т.е системата е многоканална. Пътниците с приоритет могат да бъдат обслужвани и на отделни специализирани гишета.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

F_{40} -задава броя на обслужващите пунктове за проверка: s_{pas} ;

Φ_{41} -формирание на входящия поток заявки за обслужване:

$$t_i = \min \left\{ t_{i,j}^{обсл}, i \in [1, N_j], j \in [1, J] \right\}$$

A_{42} -определя момента на освобождаване на първия канал:

$$t_k^{ocв} = \min \left\{ t_k^{ocв}, k \in [1, s_{pas}] \right\}$$

P_{43} -проверява дали освобождаването на канала е настъпило преди постъпване на

заявката: $t_k^{ocв} \leq t_i$;

$$A_{44} - t_k^{ocв} = t_i$$

Φ_{45} -формира времето за обслужване на заявката (пътника) τ_p ;

A_{46} -определя момента на освобождаване на обслужващия канал: $t_k^{ocв} = t_k^{ocв} + \tau_p$;

A_{47} -запомняне на масива изходящ заявки, $t_{i,j}^{ocв}$;

P_{48} -проверка на условието: $t_k^{ocв} - t_i > W_{\max}^{pas}$, където W_{\max}^{pas} е задания лимит за изчакване на опашка;

A_{49} -изважда обслужената заявка от базата данни;

P_{50} -проверява дали са свършили заявките в базата данни: $\sum_i^J N_j = 0$;

K_{51} -брояч на случаите, при които изчакването на опашка е по-дълго от лимитираното.

Операторът Y_{52} обработва резултатите от моделирането и извежда резултати, необходими за анализа на функционирането на системата.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

$$F_{40} \Phi_{41} A_{42} P_{43, \downarrow 45} A_{44}$$

$$\Phi_{45} A_{46} A_{47} P_{48}^{\uparrow 52} A_{49} P_{50, \downarrow 41}^{\uparrow 51} K_{51}^{50} Y_{52}^{37}$$

Модул 5. Отвеждане на пътниците към самолета

Извеждането на пътниците от терминала (напускането на терминала) започва определено време t_a преди обявеното време

за излитане. Времето за напускане на терминала зависи от броя на пътниците за полета (N_j) и времето за обслужване на един пътник на изхода (проверка на бордна карта или документ за самоличност). По правило обслужващия канал е един изход. Тук е необходимо да се отчита, че е възможно по някакви причини (напр. закъснение при наземното обслужване, по-късно подаден самолет, техническо обслужване и др.) полетът да закъснее, т.е. t_a може да има някакво случайно разпределение и момента на напускане на терминала може да се измести към по-късно. През това допълнително време пътниците ще бъдат в терминала.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

F_{53} -определя моментите на постъпване на поредната заявка (пътник от полет j) в чакалнята за заминаващи: $t_i^j = \min \{ t_j^{обсл} \}$;

K_{54} -е брояч на влезлите пътници за j -тия полет: $n_j = n_j + 1$;

P_{55} -проверява дали са влезли всички пътници за полета j : $n_j > N_j$;

A_{56} -запомня броя на пътниците от j -тия полет в момента t_i : $n_j(t_i)$;

A_{57} -извежда събитието от системата;

F_{58} -задаване на броя изходи: s_e ;

Φ_{59} -определяне на началото на извеждането, което би могло да бъде и случайно число;

A_{60} -определя момента на освобождаване на първия канал: $t_e^{ocв} = \min \{ t_e^{ocв} \}, e \in [1, s_e]$

P_{61} -проверява условието $t_e^{ocb} \leq t_{a,j}$, т.е. дали канала се освобождава преди зададеното време за начало на отвеждането;

$$A_{62} - t_e^{ocb} = t_{a,j};$$

Φ_{63} -генерира времето за обслужване на заявката: τ_e ;

A_{64} -определя момента на освобождаване на канала: $t_e^{ocb} = t_e^{обсл} + \tau_e$;

A_{65} -запомняне на броя останали пътници за полет j към момента t_e^{ocb} : $n_j(t_e^{ocb})$

$$K_{66}: N_j = N_j - 1;$$

P_{67} -проверява дали всички пътници за полет j са изведени: $N_j = 0?$;

$Я_{68}$ -обработва резултатите от моделирането.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

$${}^{57}F_{53} K_{54} P_{55}^{\uparrow 58} A_{56} A_{57}^{53} {}^{55}F_{58} \Phi_{59} A_{60}$$

$$P_{61} \downarrow A_{64} A_{62} \Phi_{63} A_{64} A_{65} K_{66} P_{67}^{\uparrow 60} Я_{68}$$

Модул 6. Пресмятане на общия брой заминаващи пътници, намиращи се в терминала

През определени интервали от време отчитаме разликата между броя на влезлите към този момент в терминала пътници за всички полети и броя на изведените към този момент пътници за всички полети. Така получаваме информация за броя на заминаващите пътници, намиращи се в даден момент в терминала: $n_{\Sigma} = f(t)$. Работата на този модул може да изведе и разпределение на времето на пребиваване на пътниците в терминала.

ПРИСТИГАЩИ ПЪТНИЦИ

Модул 1. Поток пристигащи пътници

Потокът пристигащи пътници се формира от потока кацащи самолети. Пътниците пристигат на групи с брой N_j . Пътниците от полет j започват да влизат в терминала в момента $t_{a,j} = T_{a,j} + \tau_{r,j} + \tau_{m,j}$, където $T_{a,j}$ е момента на кацане, $\tau_{r,j}$ времето за рулиране от кацането до спирането на местостоянка и $\tau_{m,j}$ е времето от спирането на самолета на перона до влизането на първия

пътник от полета в терминала. Последният пътник от полета j влиза в терминала след някакво време, зависещо от пропускателната способност на входа (входовете и възможността (наличието на площи) в зоната за изчакване на паспортната проверка.

И трите величина: $T_{a,j}, \tau_{r,j}, \tau_{m,j}$ са случайни величина, разпределението на които може да бъде зададено.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

Φ_1 -формира данни за заявката j : време на кацане $T_{a,j}$, тип на самолета, брой пътници $N_j = f(T_{тип_ac})$;

Φ_2 -генерира времето за рулиране след кацане от пистата до местостоянката: $\tau_{r,j}$;

Φ_3 -генерира времето за придвижване на пътниците от самолета до входа на терминала: $\tau_{m,j}$;

A_4 - определя началото на влизане в терминала на пътниците от j -тия полет:

$$T_{a,j}^{ex} = T_{a,j} + \tau_{r,j} + \tau_{m,j};$$

A_5 -изчислява истинското време T_{nj} за отчитане на броя пътници, за j -тия полет, влезли в терминала: $T_{nj} = T_{a,j}^{ex} + t$, където t е стъпката в минути, през която се отчита броя на пътниците n_j от полет j , влезли в терминала (началното значение за $t=0$);

K_6 -изчислява колко пътници са влезли в терминала към момента T_{nj} :

$n_j = k(T_{nj} - T_{a,j}^{ex})$, където k е интензивността на влизане в пътник/минута;

$$P_7\text{-проверява условието } n_j \leq N_j;$$

A_8 -придвижва часовника с една минута напред: $t = t + 1$,

A_9 -записва данните за броя на пътниците, влезли в терминала към момента T_{nj} :

$$n_j = f(T_{nj});$$

K_{10} -преминаване към обработка на следващата заявка: $j = j + 1$;

P_{11} -проверява условието дали е свършил списъка на полетите: $j < J$, където J е броя на пристигащите полети в списъка;

$Я_{12}$ -обработка данни за следващ анализ.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

$\Phi_1 \Phi_2 \Phi_3 A_4 A_5 A_6 P_7 \downarrow A_8 A_9^{57} K_{10} P_{11}^{\uparrow 1} Я_{12}$

Модул 2. Паспортна проверка

В тази система попадат едновременно пътниците от всички обслужвани полети. Тя се характеризира с разпределение на времето за обслужване на пътник и броя на обслужващите канали. Системата може да позволи приоритети за пътници с опростена паспортна проверка (например, пътуващи по вътрешни линии, или пътуващи в рамките на ЕС). Има няколко гишета за паспортна проверка, т.е системата е многоканална. Пътниците с приоритет могат да бъдат обслужвани и на отделни специализирани гишета.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

F_{13} -задава броя на обслужващите пунктове за проверка: s_{pas} ;

Φ_{14} -формиране на входящия поток заявки за обслужване:

$$t_i = \min \left\{ t_{i,j}^{обсл}, i \in [1, N_j], j \in [1, J] \right\}$$

A_{15} -определя момента на освобождаване на първия канал:

$$t_k^{осв} = \min \left\{ t_k^{осв}, k \in [1, s_{pas}] \right\}$$

P_{16} -проверява дали освобождаването на канала е настъпило преди постъпване на

заявката: $t_k^{осв} \leq t_i$;

$$A_{17} - t_k^{осв} = t_i;$$

Φ_{18} -формира времето за обслужване на заявката (пътника) τ_p ;

A_{19} -определя момента на освобождаване

на обслужващия канал: $t_k^{осв} = t_k^{осв} + \tau_p$;

A_{20} -запомняне на масива изходящ заявки, $t_{i,j}^{осв}$;

P_{21} -проверка на условието:

$t_k^{осв} - t_i > W_{\max}^{pas}$, където W_{\max}^{pas} е зададения лимит за изчакване на опашка;

A_{22} -изважда обслужената заявка от базата данни;

P_{23} -проверява дали са свършили заявките

в базата данни: $\sum_i^J N_j = 0$;

K_{24} -брояч на случаите, при които изчакването на опашка е по-дълго от лимитираното.

$Я_{25}$ -обработка резултатите. Цел е определяне на площта и броя на пътниците, пребиваващи едновременно в системата през определени интервали от време.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

$F_{13} \Phi_{14} A_{15} P_{16, \downarrow 18} A_{17}$

$\Phi_{18} A_{19} A_{20} P_{21}^{\uparrow 25} A_{22} P_{23 \downarrow 14}^{\uparrow 24} K_{24} Я_{25}$

Модул 3. Получаване на багажите и напускане на терминала

Пътниците от полет j изчакват багажа си и след получаването му излизат от системата. Времето на пребиваване на пътниците в системата зависи от техния брой N_j и функционирането на наземното обслужване. За даден полет багажът по правило се подава само на една лента. Багажът на пътниците, пристигащи с полет j се подава на лентата след приключване на подаването на багажа от предишен обслужван полет на пристигащи пътници. След получаването на багажа си пътниците относително бързо (без задържане) напускат терминала. Бихме могли да зададем темп на напускане на терминала \bar{k}_j [рах/min], получен на база предварителни наблюдения. Предполага се, че $\bar{k}_j = f(N_j)$, зависейки от капацитета на багажната лента и функционирането на системата за наземно обслужване.

За да опишем моделиращия алгоритъм на този модул въвеждаме следните оператори:

Φ_{26} -определя началото на подаване на багаж от полет j на лентата за получаване на багажите: T_j^{ba21}

A_{27} -задава темпа на напускане на терминала след получаване на багажа: \bar{k}_j ;

A_{28} -задава началото на напускането на терминала: $T_{nj} = T_j^{ba21} + t_1 + t_0 = 0$, t_1 е времето, за което пътника се придвижва от мястото на получаване на багажа до изхода на терминала

A_{29} - определя броя напуснали пътници от началото на подаване на багажа на багажната лента: $n_j = \bar{k}_j (T_{nj} - T_j^{ba21})$;

P_{30} -проверява дали всички пътници са излезли: $n_j \leq N_j$;

A_{31} -запомня броя на пътниците от полет j , напуснали терминала към момента T_{nj} : $n_j = f(T_{nj})$;

A_{32} - придвижва часовника с една минута напред: $t = t + 1$;

K_{33} -брояч на обслужените полети: $j = j + 1$;

P_{34} -проверява дали е изчерпан списъка на обслужваните полети: $j < J$, където J е броят полети в списъка. Последният оператор Ψ_{35} обработва резултатите за анализ на функционирането на системата. Цел е

определяне на площта и броя на пътниците, пребиваващи едновременно в системата през определени интервали от време.

Операторната схема на този алгоритъм е както следва:

$$\Phi_{26} A_{27} A_{28} A_{29} P_{30}^{\uparrow 33} A_{31} A_{32}^{28\ 30} K_{33} P_{34}^{\uparrow 26} \Psi_{35}$$

Поради липса на място не се описва подробно функционирането на отделните моделиращи алгоритми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Реализирането на предлагания алгоритъм предполага провеждане на допълнителни изследвания с цел получаване на изходна информация за поведението на различните случайни или детерминирани променливи на модела.

2. Предлаганият моделиращ алгоритъм може да бъде приложен както към етапа на планиране на разписанието, така и към етапа на планиране на терминала.

3. Функционирането на имитационния модел може да даде информация за функционирането на различните подсистеми (модули), включително с цел вземане на решения по отношение броя на обслужващите канали, необходим за постигане на зададено качество на функциониране на съответния модул и терминала като цяло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Airport Development Reference Manual, 9th Edition, 2004
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем, Наука, М., 1978
3. Аверилл М. Лоу, В.Дэвид Келътон. Имитационное моделирование, Питер, 2004

SIMULATION MODEL FOR EVALUATION OF THE CAPACITY OF PASSENGER TERMINAL. ALGORITHM MODEL.

Tonko Petkov

Institute of Air Transport, Sofia
BULGARIA

Abstract: *The report describes an algorithm model for creation of simulation model for evaluation of the capacity of airport passenger terminal. The basic purpose of this model is to be an instrument for the control of the capacity of passenger terminal in the fase of the planning of the table of the flights for optimal quality for passenger services.*

Key words: *capacity, passenger terminal, simulation*