



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТИ**

Телекоммуникация және
инновациялық
технологиялар кафедрасы

ИНФОКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ

6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығының докторанттары үшін есептеу – сызба жұмыстарын орындауға
арналған әдістемелік нұсқау

Алматы 2021

ҚҰРАСТЫРУШЫ: К.Х. Тұманбаева., Э.М.Лещинская
Инфокоммуникациялық жүйелердегі модельдеудің ғылыми негіздері.
6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығының докторанттары үшін есептеу – сызба жұмыстарын орындауға
арналған әдістемелік нұсқау. – Алматы: АЭЖБУ, 2021. – 23 б.

Бұл әдістемелік әзірлемеді «Инфокоммуникациялық жүйелердегі
модельдеудің ғылыми негіздері» пәні бойынша есептеу – сызба жұмыстарын
орындау бойынша ұсыныстар мен бастапқы мәліметтер қамтылған.
Әдістемелік нұсқау 6D071900 – Радиотехника, электроника және
телекоммуникациялар мамандығының докторанттарына арналған.

Без. – 2, кесте. – 3, әдеб. көрсетк. – 12 атау.

Пікір жазушы: ф.-м.ғ.к., профессор

А.Қ.Искакова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс
университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2021ж. баспа
жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс
университеті» КеАҚ, 2021ж.

Кіріспе

Оқу жоспарына сәйкес есептеу – сызба жұмысы оқу жұмысының түрлерінің бірі болып табылады, ал оны орындау барысы – оқу процесін ұйымдастырудың міндетті талаптарының бірі.

«Инфокоммуникациялық жүйелердегі модельдеудің ғылыми негіздері» пәні бойынша ұсынылған әдістемелік нұсқаулық үш есептеу – сызба жұмыстарының орындалуын қарастырады: «№1 есептеу-сызба жұмыс. Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының модельдерін талдау», «№2 есептеу-сызба жұмыс. Мультисервистік желідегі қызмет көрсету процесін модельдеу», «№3 есептеу-сызба жұмыс. Тәжірибелерді жоспарлау».

Әрбір жұмыста екі тапсырма, жұмыстың мақсаты және әдістемелік нұсқаулық ұсынылған.

Нұсқа нөмірі топтық журнал тізіміндегі реттік нөмірмен анықталады. Жұмыстың орындалуы теориялық білімді, инфокоммуникациялық жүйелерді модельдеу әдістерін және телекоммуникациялық мәселелерде имитациялық модельдермен эксперименттерді жоспарлау дағдыларын алуға мүмкіндік береді.

1 Есептеу – сызба жұмыстардың тапсырмалары

1.1 №1 есептеу-сызба жұмыс. Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының модельдерін талдау

1-тапсырма. Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының негізгі қолданыстағы модельдеріне талдауды ұсыну.

2-тапсырма. Имитациялық модельдеудің кез келген мамандандырылған жүйесіндегі дестелік желі серверіне түсетін өз-өзіне ұқсас кіріс ағынның модельін өңдеу.

Жұмыстың мақсаты: заманауи телекоммуникация желілерінде кіріс ағындарын (шақырулар, дестелер) модельдеу әдістерін меңгеру.

Нұсқа бойынша бастапқы деректерді 3.1- кестеден анықтау.

1.2 №2 есептеу-сызба жұмыс. Мультисервистік желідегі қызмет көрсету процесін модельдеу

1-тапсырма. Мультисервистік желідегі қызмет көрсету процесін модельдеу әдістерін меңгеру.

2-тапсырма. Мультисервистік желідегі шығын болу ықтималдығына есептеу жүргізу.

Жұмыстың мақсаты: телекоммуникация желілерінде мультисервистік желідегі қызмет көрсету процесін модельдеу әдістерін меңгеру

Нұсқа бойынша бастапқы деректерді 3.2 -кестеден анықтау.

1.3 №3 есептеу-сызба жұмыс. Тәжірибелерді жоспарлау

1-тапсырма. Тәжірибелерді жоспарлаудың негізгі түсініктерімен, мақсаттары және міндеттерімен танысу, тәжірибелерді стратегиялық және тактикалық жоспарлаудың мәнін ашу.

2-тапсырма. Имитациялық модельмен меңгерілген тәжірибені GPSS World бағдарламасында жүзеге асыру, модельдеу нәтижелерін талдау, маңызды және елеусіз факторларды ескеру.

Жұмыс мақсаты: тәжірибелерді жоспарлау теориясының негіздерін оқып үйрену, мамандандырылған құралдарды қолданып имитациялық модельдермен компьютерлік тәжірибе жүргізу дағдыларын меңгеру.

Нұсқа бойынша бастапқы деректерді 3.3-кестеден анықтау.

2 Әдістемелік нұсқау

2.1 №1 есептеу-сызба жұмыс. Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының модельдерін талдау

2.1.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Абоненттерден телефон станциясына келіп түсетін шақырулар ағыны, Ethernet технологиясындағы кадрлар ағыны, IP хаттамасындағы дестелер ағыны инфокоммуникациялық жүйедегі кіріс ағындар болуы мүмкін. Қызмет көрсету талаптарының кіріс ағынының негізгі сипаттамасы λ параметрі (қарқындылығы) болып табылады.

Телетрафик теориясында *шақырулар ағыны* деп шақырулар түсуінің көптеген тізбектелген сәттері түсініледі [1].

Егер бұл сәттер тізбегі алдын-ала анықталған болса, шақырулар ағыны анықталған деп аталады. Егер бұл реттілік кездейсоқ болса, шақыру ағыны кездейсоқ деп аталады.

Кездейсоқ ағындарды анықтау үшін келесі кездейсоқ шамалардың ықтималдық үлестіру заңдары қолданылады: шақырулардың келіп түсу сәттері, шақырулар арасындағы аралықтардың ұзақтығы және $[0, t]$ аралықтағы келіп түскен шақырулар саны.

Кездейсоқ шақыру ағындары келесі үш қасиеттің болуына немесе болмауына қарай жіктеледі: тұрақтылық, кейінгі ықпалдылық және даралылық.

Тұрақтылық дегеніміз уақыт өте келе ағынның ықтималдық сипаттамалары өзгермейтінін білдіреді, басқаша айтқанда, тұрақты ағын үшін t уақыт аралығында i шақырулардың келіп түсу ықтималдығы тек осы аралықтың ұзындығына байланысты және оның уақыт осіне орналасуына байланысты емес.

Даралылық дегеніміз шақырулардың топтық түсуінің мүмкін еместігін білдіреді, яғни кез келген шексіз аз аралықта екі немесе одан да көп шақырулардың түсу ықтималдығы шексіз аз екенін білдіреді. Байланыс желілерінде шақыру ағындары осы қасиетке ие.

Кейінгі ықпалдылық шақырулардың ықтималдық сипаттамаларының алдыңғы оқиғаларға тәуелділігін білдіреді.

Шақырулардың қарапайым ағыны.

Тұрақты, дараланған және кейінгі ықпалдықсыз ағын қарапайым ағын деп аталады.

Қарапайым ағын t уақыт ішінде i шақырулардың келіп түсуінің ықтималдықтарының $P_i(t)$ жиынымен беріледі.

$P_i(t)$ ықтималдығы келесі формула арқылы есептеледі:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t},$$

мұндағы λ – ағын параметрі немесе бірлік уақытта келіп түсетін шақырулар саны.

Берілген формула Пуассон формуласы немесе Пуассон үлестірімі деп аталады.

Қарапайым ағында шақырулардың келіп түсу ұзақтығы экспоненциалды заң бойынша үлестірілген.

Қарапайым ағындар класына АТС-ке, ұялы байланыс желісінің базалық станцияларына абоненттерден келіп түсетін шақырулар ағыны жатады. Кейбір жағдайларда мультисервистік желілердегі дестелер ағыны да қарапайым деп саналады [2].

Ethernet, Интернет сияқты дестелік коммутация желілеріндегі кіріс ағынын талдау кезінде олардың қарапайым емес екендігі анықталды [3]. Сондықтан оларды Пуассон үлестірімімен сипаттауға болмайды, ал дестелердің түсімдері арасындағы аралықтардың ұзақтығы экспоненциалды заңға сәйкес үлестірілмейді. Дестелік коммутациясы бар желілердегі ағындар өз-өзіне ұқсас қасиетке ие екендігі дәлелденген. Дестелік коммутациясы бар желілердегі ағындарды модельдеу кезінде фракталдық броундық қозғалыс қарастырылады [3].

Кендалл символикасының [1,4] бірінші разрядында жаппай қызмет көрсету жүйелерін (ЖҚЖ) қысқаша белгілеу үшін қарапайым ағын жағдайында М символы, өз-өзіне ұқсас қасиеті бар ағын жағдайында fBM символы қолданылады. Мысалы, қарапайым ағын түсетін шығындары бар бір арналы ЖҚЖ М/М1/L деп белгіленеді, ал өз-өзіне ұқсас ағын түскен жағдайда символика fBM/M/1/L түрінде белгіленеді. Екінші позициядағы М символы шақырулар арасындағы аралықтардың ұзақтығы экспоненциалды заңға сәйкес үлестірілгенін білдіреді.

Бұл тапсырманы орындау барысында осы тақырып бойынша қысқаша әдеби шолу жасау қажет.

2.1.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Өз-өзіне ұқсас ағындарды математикалық модельдеуде Парето және Вейбулл үлестірімдері, логнормал және гамма секілді әртүрлі үлестіру заңдары қолданылады [3].

Өз-өзіне ұқсас ағынды қалыптастыру кезінде ON/OFF көздерінің бірнеше тәуелсіз және бірдей үлестірімінің суперпозициясына негізделген әдіс қолданылады. ON және OFF кезеңдері арасындағы аралық «ұзын құйрықпен» бөлінген болуы қажет, бұл өз-өзіне ұқсас трафиктің бумалығын қамтамасыз етеді. Бұл тапсырмада іске асырылатын әдіс алгоритмін ұсыну қажет.

[3,5] авторларының пікірінше бұл жағдайда Паретоның үлестірімін қолдану жақсы нәтиже береді.

Паретоның үлестірімінің тығыздығы келесі функциямен анықталады:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{\beta}{x} \right)^{\alpha+2}, \quad (1.1)$$

мұндағы β – үлестірім модасы, x - кездейсоқ шамасының минималды мәні;

α – үлестірім параметрі, $\alpha \leq 2$ кезінде дисперсия шексіз.
Кездейсоқ шаманың орташа мәні келесі формуламен анықталады:

$$m(x) = \frac{\alpha\beta}{\alpha - 1}. \quad (1.2)$$

Херст параметрі H және α параметрі арасында келесі түрдегі байланыс бар:

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}. \quad (1.3)$$

Фракталдылық қасиеттерін практикалық анықтау үшін Херст (Hurst) параметрі ұсынылады. Херст параметрі (H) өз-өзіне ұқсастық дәрежесін анықтайды. Бұл H параметрінің мәні $(0,1)$ аралығында жатады.

Егер $H < 0.5$ шарты орындалса, онда процестің өз-өзіне ұқсастық қасиеті болмайды, ал егер $H > 0.5$ болса, онда процесс өз-өзіне ұқсас болады.

Херст көрсеткішінің (H) өз-өзіне ұқсастығын тексеру және бағалау күрделі мәселе болып табылады. Нақты жағдайларда олар әрдайым соңғы деректер жиынтығымен жұмыс істейді, сондықтан анықтама бойынша трафиктің өз-өзіне ұқсас немесе өз-өзіне ұқсас емес екендігін тексеру мүмкін емес. Сондықтан өз-өзіне ұқсастықтың әртүрлі қасиеттерін нақты өлшенген трафикте зерттеу қажет. Бұл жағдайда келесі мәселелер туындайды:

1. Өз-өзіне ұқсастық қасиеттері расталса да, сарапталған деректердің өз-өзіне ұқсастық құрылымы бар деп бірден қорытынды жасауға болмайды. Берілген мәліметтер жиынтығы үшін берілген масштабтағы диапазонда өз-өзіне ұқсастық құрылым туралы айту керек.

2. Херст көрсеткішін бағалау іріктеу мөлшері, бағалау әдісі, уақыт шкаласы және т. б. сияқты көптеген факторларға байланысты.

Жаппай қызмет көрсету жүйесінде (ЖҚЖ) өз-өзіне ұқсастық өтінімдер ағынын генерациялау үшін Мандельброт әдісі қолданылады [3]. Бұл әдіс ON / OFF көздерінің болуын болжайды. Әр көзде ON және OFF кезеңдері кезектеседі. Бұл кезеңдердің ұзақтығы тәуелсіз және бір заңға сәйкес бөлінеді, кейбір жағдайларда ON және OFF кезеңдерінің таралуы әртүрлі болуы мүмкін. Әрбір көз дәстелерді ON кезеңдерінде генерациялайды, содан кейін әр уақыт кезеңінде көздер генерациялаған барлық шамалар жинақталады. Біріктірілген дәстелер ағыны өз-өзіне ұқсастық қасиетіне ие болады.

Бұл тапсырмада өз-өзіне ұқсас кіріс ағынының моделін жасау қажет. ON және OFF модельдеу кезінде кезеңдер Парето заңы бойынша таралуы керек. Модель кез келген мамандандырылған модельдеу жүйесінде (GPSS World, MatLab, OPNET, ns3 және т.б.) жасалуы мүмкін. Бастапқы деректер 3.1-кестеде келтірілген.

2.2 №2 есептеу-сызба жұмысы. Мультисервистік желіде қызмет көрсету процесін модельдеу

2.2.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Дестелік технологияларды қолданатын мультисервистік байланыс желілеріне ақпарат тарату кезінде сөйлеу, деректер және бейне ағындары жалпы тракттар арқылы таратылады. Жекелеген ақпараттың түрлерін тарату жылдамдығы әртүрлі. Осыған байланысты, көрсетілген ақпарат ағындарының әрқайсысы үшін Кбит/с-пен өлшенетін жалпы өткізу қабілеттілігінен белгілі бір өткізу қабілеті ресурсы қажет. Сөйлеуді тарату кезінде 64 Кбит/с жылдамдығы, файлдарды бөлісу кезінде - 1024 Кбит/с, бейне конференция байланысы үшін H.263-320 кбит/с кодексі қажет [5].

Тарату жылдамдығының ортақ ресурсын жекелеген қызмет түрлері арасында бөлу үшін ортақ ресурс шартты порттардың белгілі бір санымен ұсынылады. Әр порттың тарату жылдамдығы қызметтердің бірінің ең төменгі жылдамдығына тең [5].

Бір шартты порттың тарату жылдамдығы 64 Кбит/с құрайды делік. Талап санатына байланысты бір немесе бірнеше порттар бір уақытта алу болады, олар арқылы тарату белгілі бір жылдамдықпен жүзеге асырылады. Онда сөз тарату қызметін ұсыну бойынша талаптар келіп түскен жағдайда бір уақытта бір портта орналасу орын алады, файлдарды беру кезінде 16 шартты порт, бейне-конференц-байланысты жүзеге асыру кезінде – 5 порт жұмыс істейтін болады.

Егер порттың тарату жылдамдығы әртүрлі болса, модельдің мәні өзгермейді. Мысалы, шартты порттың тарату жылдамдығы жіберілетін ақпараттың бір (бірнеше) дестесін тарату жылдамдығының еселігі болуы мүмкін. Бұл жағдайда дестелерді тарату және жадының жинақтау ұяшығы болып табылатын шартты порттардың саны өзгереді.

Белгілі бір қызмет түрлерін ұсыну туралы талап түскен кезде, тиісті қызмет тұтынушылары арасында байланыс орнатылады, содан кейін орнатылған байланыс аясында осы қызмет үшін белгіленген жылдамдықпен ақпараттық дестелер жіберіледі. Әрбір талап үшін бір қосылысты орнату қажет.

Қарастырылып отырған мультисервистік трафик моделінде қызмет көрсетуді ұсынуға қойылатын талаптар ағыны порттарды алу ағынынан өзгеше, өйткені бұл ағындар әртүрлі қасиеттерге ие. Қызмет көрсетуді ұсынуға қойылатын талаптар ағымы қарапайым болғанымен, порттарды алудың белсенділігі ерекше, өйткені жеке қосылыстарға қызмет көрсету кезінде порттар топтасып алынады. Осыған байланысты жүктеменің екі түсінігі бар: талаптарға сәйкес жүктеме және порттарға түсетін жүктеме.

Серверлер жүйесі үшін t уақыт сәтіндегі талаптар бойынша қызмет көрсетілген жүктеменің лездік қарқындылығы $j(t)$, яғни бір мезгілде қызмет көрсетілетін талаптардың (қосылыстардың) санына тең. Ал $i(t)$ порттарына қызмет көрсетілетін жүктеменің қарқындылығы t уақытында бір мезгілде

жұмыс істейтін порттардың саны ретінде анықталады. Өйткені бір талап бірден бірнеше портты алуы мүмкін, жалпы жағдайда $i(t) \neq j(t)$.

Дәл сол сияқты кіріс жүктемесі де талаптарға және порттарға сәйкес ерекшеленеді. Талаптар бойынша жүктеме үшін t уақыт сәтіндегі лездік қарқындылық - бұл бір мезгілде қосылыстардың шексіз саны бар жүйеде осы сәтте ЖҚЖ қызмет ететін талаптардың санына тең кездейсоқ шама.

Мысал ретінде, әр талапқа қызмет көрсету үшін m бос порттардың бірдей саны қажет болатын жағдайды қарастырамыз. Бұл жағдайда порттарға қызмет көрсетілген жүктеме талаптар бойынша жүктемеден m есе артық болады: $i(t) = mj(t)$. Пуассонның λ параметрі бар сұраныс ағымында кіріс жүктемесінің Λ_B математикалық күтім және D_B дисперсиясы қатынасын қолдана отырып анықтауға болады:

$$\Lambda_B = D_B = \lambda \bar{x},$$

мұндағы \bar{x} - бір талаптың (қосылыстың) қызмет көрсетудің орташа ұзақтығы.

Жүйеде жұмыс істейтін порттардың саны қызмет көрсетілген талаптардың санынан m есе көп болады. Осыған сүйене отырып, порттарға түсетін кіріс жүктемесінің қарқындылығы және оның дисперсиясы анықталады:

$$\Lambda_{\Pi} = m\Lambda_B = m\lambda\bar{x}, \quad D_{\Pi} = m^2 D_B = m^2 \lambda\bar{x}. \quad (2.1)$$

Осы қатынастарды алу кезінде ықтималдық теориясынан белгілі математикалық күтім мен дисперсияның қасиеттері қолданылады: кездейсоқ шаманы тұрақты коэффициентке көбейту математикалық күтімнің осы коэффициенттің мәніне тең есе өсуіне және дисперсияның квадраттағы коэффициент мәніне тең есе артуына әкеледі. Формулалардан $D_{\Pi} > \Lambda_{\Pi}$ және жүктеме үйілген болады.

S_{Π} жүктеменің үйілу коэффициенті бір талапқа қызмет көрсету үшін қажет порттардың санын анықтайды:

$$S_{\Pi} = \frac{D_{\Pi}}{\Lambda_{\Pi}} = \frac{m^2 \lambda\bar{x}}{m\lambda\bar{x}} = m. \quad (2.2)$$

Егер талаптар көздердің әртүрлі санаттарынан келіп түссе, (2.1) формулалары i -ші санат ($i = 1, \dots, n$) талаптарымен құрылған порттарға түсетін жүктеменің математикалық күтімін және дисперсиясын анықтайды:

$$\Lambda_i = m_i \lambda_i \bar{x}_i, \quad D_i = m_i^2 \lambda_i \bar{x}_i.$$

Алынған арақатынастарды (5.8) және (5.7) формулаларында ауыстырғаннан кейін порттарға түсетін біріккен жүктеменің үйілу коэффициентін анықтаймыз:

$$S_{\Pi} = \frac{\sum_{i=0}^n D_i}{\sum_{i=0}^n \Lambda_i} = \frac{\sum_{i=0}^n m_i^2 \lambda_i \bar{x}_i}{\sum_{i=0}^n m_i \lambda_i \bar{x}_i}. \quad (2.3)$$

Осылайша, мультисервистік жүктеменің үйілу коэффициенті $m_i \lambda_i \bar{x}_i$ салмақтардағы жекелеген категориялардың ($i = 1, \dots, n$) талаптары бойынша құрылған, порттарға түсетін жүктеме қарқындылығына тең болатын жеке категориялардың талаптарына қызмет көрсету үшін қажет m порттарының орташа өлшенген саны ретінде анықталады.

2.2.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Толық қол жетімді жүйе V порттарын қамтиды делік. Жүйеге кірісіне λ қарқындылығы бар пуассон талаптар ағыны кіреді. Әр талапқа қызмет көрсету үшін бір уақытта m порттары қажет ($m > 1$). Қызмет көрсетуге арналған порттардың ұзақтығы орташа мәні \bar{x} болатын кездейсоқ мән болып табылады. Қызмет көрсету аяқталғаннан кейін топтан барлық порттарды бір уақытта босату жүзеге асырылады. Талап түскен кезде жүйеде бос порттардың қажетті саны болмаған жағдайда талап жоғалады [5].

Порттардың орналасуы ерекше болғандықтан, зерттелетін U жүйесі үшін π талаптарының жоғалу ықтималдығын есептеу Эрлангтың B формуласын тікелей қолдану арқылы мүмкін емес. Сондықтан біз жүйені өзгертеміз және әрқайсысы m порттарын қамтитын, $v = V / m$ жиынтықтарынан тұратын U' жүйесін қарастырамыз. U' жүйесінде әр кіріс талабы үшін бір жиынтық қажет, сондықтан орналасу ағымы қарапайым болады. U' жүйесіндегі жүктеме түсетін порттардың емес, бос емес жиынтықтардың санымен анықталады, яғни, талаптарға сәйкес келетін жүктемемен сәйкес келеді, Пуассондық болып табылады және қарқындылығы $\Lambda_B = \lambda \bar{x}$ тең. U' жүйесіндегі жоғалу ықтималдығын есептеу үшін біз Эрлангтың B формуласын қолданамыз:

$$\pi' = E_v(\Lambda_B) = \frac{\Lambda_B^v}{\sum_{i=0}^v \frac{\Lambda_B^i}{i!}}.$$

U жүйесінің қызмет көрсету талаптары процесінің статистикалық сипаттамалары U' жүйесімен бірдей. Оның ішінде жоғалу ықтималдығы бір-біріне тең: $\pi = \pi'$. Осы теңдікке және (2.2), (2.3) формулаларына сүйене отырып келесі формуланы аламыз:

$$\pi = E\left(\frac{V}{S_{\Pi}}\right) \left(\frac{\Lambda_{\Pi}}{S_{\Pi}}\right). \quad (2.4)$$

Осылайша, егер мультисервистік жүктеме бірнеше түрлі көздер санаттарымен жасалса және m_i талаптарының еселігі әртүрлі болса, кіріс жеке ағындарды статистикалық сипаттамалары бірдей мәндерге ие бір ағынмен алмастыруға болады: порттарға түсетін жүктеменің Λ_{Π} математикалық күтімі және D_{Π} дисперсиясы. Пуассондық емес ағындар өте күрделі статистикалық қасиеттерімен ерекшеленетіні және толық сипаттау үшін қосымша сипаттамаларды қажет ететіні белгілі. Алайда, іс жүзінде талаптардың шығын ықтималдығы жоғары ретті жүктеменің таралу сәттеріне байланысты болады деп есептеп, олар ескерілмейді.

Қарқындылығы Λ_{Π} және үйілу коэффициенті S_{Π} болатын мультисервистік жүктеме келіп түсетін, V порттарынан тұратын жүйеде талаптардың жоғалу ықтималдығы π -ге тең болсын. Параметрлері дәл сондай $V, \Lambda_{\Pi}, S_{\Pi}$ болатын кез келген басқа жүйеде талаптардың жоғалуы шамамен π болады.

(2.3) формуласын қолдана отырып, талаптардың жалпы ағынының үйілу коэффициентін есептегеннен кейін (2.4) формуласы көмегімен кез келген талапты жоғалту ықтималдығын анықтаймыз. Бұл орташа (жалпы) шығындарды шамамен бағалауға мүмкіндік береді.

Талаптардың жоғалуы әртүрлі күйдегі әртүрлі санаттағы жүктеме көздері үшін болғандықтан, талаптарға қызмет көрсету сапасының ықтималды сипаттамаларында айырмашылық бар. i -ші санат ($i = 1, \dots, n$) талаптарының жоғалу ықтималдығын есептеуді шамамен алынған формула бойынша жүргізуге болады:

$$\pi_i = \frac{m_i}{S_i} \pi.$$

Сонымен, мультисервистік пуассондық емес жүктемені қабылдау кезінде талаптардың жоғалуын есептеу кезінде бастапқы жүйе оған балама жүйемен ауыстырылады, онда мәселені шешу үшін Эрлангтың В формуласын қолдануға болады. Осы тәсілді және имитациялық модельдеуді салыстыра отырып, жуық формулалар инженерлік мәселелерді шешуде қажетті дәлдікті қамтамасыз етеді деп қорытынды жасауға болады.

Ғылыми әдебиеттерде (2.4) формуласы Хэйворд формуласы немесе жуықтау деп аталады.

Шығын ықтималдығын есептеу мысалы

$V = 45$ порттары бар жүйеге 2 санатты ($n = 2$) талаптар қойылсын.

Телефония қызметіне қойылатын талаптардың бірінші ағымы (1-ші санат) келесі параметрлерге ие: $\lambda_1 = 0,14$ 1с үшін қойылған талаптар, $\bar{x}_1 = 100$ с, $m_1 = 1$.

Бейне-телефония қызметінің екінші ағынының (2-ші санат) келесі параметрлері бар: $\lambda_2 = 0,05$ 1 с үшін қойылған талаптар, $\bar{x}_2 = 56$ с, $m_2 = 5$.

Талаптардың жалпы және жеке шығындарын есептеу қажет.

Есептің шешуі.

Екі санаттағы көздерден талап етілетін порттарға түскен жүктеменің жалпы қарқындылығын анықтаймыз:

$$\Lambda_{\Pi} = m_1 \lambda_1 \bar{x}_1 + m_2 \lambda_2 \bar{x}_2 = 1 \cdot 0,14 \cdot 100 + 5 \cdot 0,05 \cdot 56 = 28 \text{ (Эрл.)}$$

Екі санаттағы көздерден порттарға түскен жүктеме дисперсиясын есептейміз:

$$D_{\Pi} = m_1^2 \lambda_1 \bar{x}_1 + m_2^2 \lambda_2 \bar{x}_2 = 1^2 + 0,14 \cdot 100 + 5^2 \cdot 0,05 \cdot 56 = 84.$$

Жүктеменің үйілу коэффициентін табамыз:

$$S_{\Pi} = \frac{D_{\Pi}}{\Lambda_{\Pi}} = 84/28 = 3.$$

Хэйворд формуласы мен Эрланг В-формуласының кестелерін қолдана отырып, талаптардың біріктірілген кіріс ағыны үшін шығынның орташа ықтималдығын анықтаймыз:

$$\pi = E_{\left(\frac{V}{S_{\Pi}}\right)} \left(\frac{\Lambda_{\Pi}}{S_{\Pi}}\right) = E_{\left(\frac{45}{3}\right)} \left(\frac{28}{3}\right) = E_{15} (9,33) = 0,027.$$

Әр санаттың талаптары үшін шығындардың жеке ықтималдығын есептейміз:

$$\pi_1 = (m_1 / S_{\Pi}) \cdot \pi = (1/3) \cdot 0,027 = 0,009,$$

$$\pi_2 = (m_2 / S_{\Pi}) \cdot \pi = (5/3) \cdot 0,027 = 0,045.$$

Орындалған есептеулер нәтижесінде сервистердің екі санатының: телефония және бейне-телефония жүктемесіне қызмет көрсететін, өткізу қабілеті $45 \cdot 64 \text{ кбит/с} = 2,88 \text{ Мбит/с}$ болатын жүйенің жұмыс сапасы анықталды.

Тапсырманы орындау үшін бастапқы деректер 3.2-кестеде келтірілген.

2.3 Есептеу-сызба жұмысы № 3. Тәжірибелерді жоспарлау

2.3.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Имитациялық модельдер объектіні зерттеу үшін қажетті эксперименттерді жүргізу үшін жасалады. Сәтті зерттеу үшін имитациялық модель бойынша тәжірибе жоспарын жасау, модельдеу нәтижелерін дұрыс өңдеу және түсіндіру қажет. Тәжірибелерді жоспарлау теориясы осындай есептерді іске асыруға арналған.

Тәжірибелерді жоспарлау – кездейсоқ қателіктерге ұшыраған өлшеулерді ұтымды ұйымдастыруды зерттейтін математикалық статистика бөлімі [6,7].

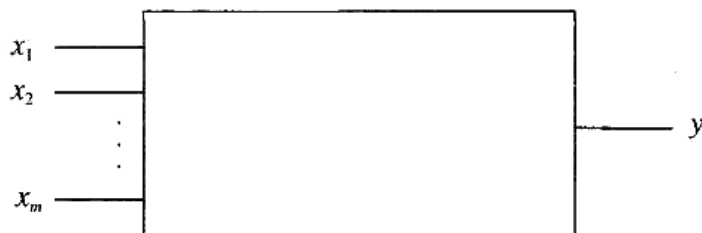
Теорияның негізгі ұғымдары мен терминдерін қарастырыңыз.

Теория «қара жәшік» деп аталатын күрделі жүйенің дерексіз сұлбасынан туындайды (1 сурет). Зерттеуші «қара жәшіктің» (имитациялық модельдің)

кірістері мен шығуларын байқай алады және бақылау нәтижелері бойынша кірістер мен шығулар арасындағы байланысты анықтай алады деп есептеледі.

Имитациялық моделдегі бақылаулардан, ал әр бақылауды модельдің өткізуінен тұратын тәжірибені қарастырамыз.

Кіріс айнымалы x_1, x_2, \dots, x_T факторлар деп аталады. Y шығыс айнымалысы бақыланатын айнымалы деп аталады (реакция, жауап).



1 сурет – Жүйенің сұлбасы

Факторлық кеңістік – бұл модельдік тәжірибені дайындау және жүргізу кезінде зерттеуші басқара алатын көптеген факторлар.

Әр фактордың деңгейлері бар. Деңгейлер – бұл бақылаудағы модельді өткізу шарттарын анықтаған кезде әр фактор үшін белгіленген мәндер.

Тәжірибенің мақсаты – y функциясын табу, ал жауап мәні екі компоненттен тұрады деп болжанады

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m) + e(x_1, x_2, \dots, x_T),$$

мұндағы $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ — жауап беру функциясы (факторлардың кездейсоқ емес функциясы);

$e(x_1, x_2, \dots, x_T)$ — тәжірибе қателігі (кездейсоқ шама);

x_1, x_2, \dots, x_T — факторлық кеңістіктегі факторлар деңгейінің белгілі бір үйлесімі.

Y кездейсоқ айнымалы екені анық, өйткені ол $e(x_1, x_2, \dots, x_T)$ кездейсоқ шамасына байланысты. Өлшеу дәлдігін сипаттайтын $D [y]$ дисперсиясы тәжірибе қатесінің дисперсиясына тең: $D [y] = D [e]$.

Жауап беру функцияларын тәжірибе деректері бойынша табады және бірінші, екінші ретті көпмүше түрінде ұсынылған. Сирек жағдайларда жауап беру функциясы үшінші ретті көпмүшелік болып табылады.

Тәжірибе жағдайында факторлар өзгеруі мүмкін, соның арқасында фактордың бақыланатын айнымалыға әсерін зерттеуге болады. Егер белгілі бір фактордың бақыланатын айнымалыға әсері басқа фактордың деңгейі өзгерген кезде өзгерсе, онда факторлар арасында өзара әрекеттесу бар деп айтылады.

Талдаудың мәні кездейсоқ шамалардың ортақ вариациялануының тәуелсіз біріктірулеріне — әрқайсысы белгілі бір фактордың әсерін (негізгі әсер) немесе олардың өзара әрекеттесуін (әрекеттесу әсері) сипаттайтын әсерлерге жіктелу болып табылады.

Факторлар деңгейінің барлық мүмкін үйлесімдері жүзеге асырылатын тәжірибе толық факторлық тәжірибе (ТФЭ) деп аталады.

Егер барлық факторлар үшін деңгейлер саны бірдей болса, онда $S = k^m$. Факторлар деңгейінің әр үйлесімі бір бақылауға сәйкес келеді.

ТФЭ кемшілігі — бұл дайындау мен өткізудің үлкен шығындары, өйткені факторлар мен олардың деңгейінің жоғарылауымен тәжірибедегі бақылаулар саны артып келеді. Мысалы, егер әрқайсысы екі деңгейлі алты фактор болса, онда әр бақылаудағы модельдің бір өткізуінде де $S = 2^6 = 64$ бақылау қажет. Әлбетте, әрбір өткізу бұл санды екі есе арттырады, демек, машиналық уақыт шығындары артады.

Іс жүзінде бақыланатын айнымалыға әсерін зерттеу қажет, мысалы, он фактор ($t = 10$), олардың әрқайсысында төрт деңгей бар ($k = 4$). Бұл жағдайда $S = k^t = 4^{10} = 1\,048\,576$.

Мұндай тапсырмалар тәжірибелерді жоспарлау теориясының пайда болу себептерінің бірі болды.

Тәжірибе жоспары — оптималдылық критерийін, мысалы, дәлдікті қанағаттандыратын жауап беру функциясын бағалау мәндері болатын факторлар мәндерінің жиынтығы.

Тәжірибенің стратегиялық жоспарлауы мен тәжірибенің тактикалық жоспарлауын ажыратыңыз.

Бұл тапсырмада тәжірибелерді стратегиялық және тактикалық жоспарлаудың негізгі ережелерін, тәжірибе жоспарларын құру тәсілдерін ұсыну керек.

2.3.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

GPSS World [6,7,8] имитациялық модельдеу жүйесі имитациялық модельге эксперимент жасауға мүмкіндік беретін құралдарға ие, яғни төмендегілерді жүзеге асыруға болады:

- дисперсиялық талдау;
- регрессиялық талдау;
- қолданушының жеке тәжірибесі.

Дисперсиялық талдау — орташа мәндердегі айырмашылықтардың маңыздылығын белгілеу арқылы алынған эксперименттік мәліметтер арасындағы байланысты орнатуға мүмкіндік беретін әдіс. Бұл әдіс ANOVA (Analysis of Variance) деп те аталады.

GPSS World-де дисперсиялық талдауды жүзеге асыратын және факторлардың маңыздылығын белгілейтін ANOVA процедурасы бар. ANOVA процедурасы 1-ден 6-ға дейін факторларды талдайды [6]. Дисперсиялық талдауды орындау кезінде модельдің бірнеше жүгірісін орындау қажет. Бұл жағдайда жүгіру саны берілген дәлдікке байланысты болады. Эксперимент нәтижесінде процедура барлық қажетті ақпаратты көрсететін стандартты ANOVA кестесін жасайды.

Жүйе автоматты түрде жүргізілетін эксперименттердің екі түрін ұсынады: пайдаланушыға арналған және пайдаланушы жасаған. Бұл жағдайда қайта жүгіру болжанбайды, эксперимент нәтижелері бір ұзақ жүгіруден алынады.

Тапсырмада бірінші түрі қарастырылады, нақты айтқанда GPSS World скрининг эксперименті. Скрининг эксперименті жүйеге айтарлықтай әсер ететін факторларды анықтау үшін қолданылады, бұл қандай факторларды қарастыру маңызды емес екенін анықтауға мүмкіндік береді. Эксперимент жүргізу кезінде факторлардың дұрыс мәндерін таңдау өте маңызды.

Бұл тапсырмада келесі жүйенің имитациялық моделімен [6] скринингтік эксперимент жүргізу қажет.

Жүйе екі процессорлы серверден және үш компьютерден тұрады. Сервер үш компьютерге келесі ретпен қызмет етеді. Бірінші компьютер қалғандарына қатысты абсолютті басымдыққа ие, екіншісі үшіншісінен жоғары басымдыққа ие. Бірінші компьютерден техникалық қызмет көрсету өтінімдері $[t_1, t_2]$ аралығында келеді, өтінімдер арасындағы аралықтардың ұзақтығы бірқалыпты заңға сәйкес үлестіріледі. Екінші және үшінші компьютерден келетін өтінімдер арасындағы аралықтардың ұзақтығы сәйкесінше t_3 және t_4 параметрлері бар экспоненциалды заңға сәйкес үлестіріледі. Кез келген процессор бірінші компьютерден өтінімге қызмет көрсетуге t_5 параметрімен экспоненциалды түрде үлестірілген уақыт жұмсайды, екінші компьютерден - t_6 , үшіншіден - t_7 . Серверде L өтінімдер сыйымдылығы бар диск бар. Сәтсіздіктер арасындағы аралықтардың ұзақтығы t_8 параметрімен экспоненциалды заңға сәйкес бөлінеді. Қалпына келтіру ұзақтығы t_9 және t_{10} параметрлері бар нормалды заңға сәйкес үлестіріледі. Егер өтінімдерге қызмет көрсетуден бас тартылса немесе қызмет көрсетілмесе, онда өтінім жоғалады.

Бұл жүйенің имитациялық моделі төменде келтірілген. Осы модельмен GPSS World жүйесінде скрининг экспериментін жүргізу қажет.

Сервердің жұмыс істеуінің екі сағат ішінде өтінімдердің жоғалу ықтималдығының L жинақтауышының сыйымдылығына, қызмет көрсету уақытына, істен шығу уақытының интервалына және процессорлардың қалпына келу уақытына тәуелділігін анықтау қажет. Модельдеу нәтижелеріне дисперсиялық талдау жүргізу.

Жүйенің имитациялық моделі:

VrMod	EQU 3600
L_	EQU 1
T1_	EQU 11
T2_	EQU 3
T3_	EQU 10
T4_	EQU 12
T5_	EQU 5
T6_	EQU 7
T7_	EQU 9
T8_	EQU 10000
T9_	EQU 15
T10_	EQU 2

```

Koef    EQU 1
Ver     VARIABLE N$Term1/N$Met0
        GENERATE T1_,T2_,2
        ASSIGN 1,1
        ASSIGN 2,(Exponential(11,0,T5_))
        TRANSFER ,Met0
        GENERATE (Exponential(2,0,T3_)),,,,1
        ASSIGN 1,2
        ASSIGN 2,(Exponential(13,0,T6_))
        TRANSFER ,Met0
        GENERATE (Exponential(2,0,T4_))
        ASSIGN 1,3
        ASSIGN 2,(Exponential(15,0,T7_))
Met0    TEST E P1,1,Met5
        GATE FV Cpu1,Term1
        GATE NU Cpu1,Met1
Met3    PREEMPT Cpu1,PR
        ADVANCE P2
        RETURN Cpu1
        UNLINK Nak,Met3,1
        TERMINATE
Met1    GATE FV Cpu2,TERM1
        GATE NU Cpu2,Met2
Met4    PREEMPT Cpu2,PR
        ADVANCE P2
        RETURN Cpu2
        UNLINK Nak,Met4,1
        TERMINATE
Met5    GATE FV Cpu1,Term1
        GATE NU Cpu1,Met6
Met7    SEIZE Cpu1
        ADVANCE P2
        RELEASE Cpu1
        UNLINK Nak,Met7,1
        TERMINATE
Met6    GATE FV Cpu2,TERM1
        GATE NU Cpu2,Met2
Met8    SEIZE Cpu2
        ADVANCE P2
        RELEASE Cpu2
        UNLINK Nak,Met8,1
        TERMINATE
Met2    TEST L CH$Nak,L_,Term1
        LINK Nak,P1
Term1   TERMINATE
        GENERATE ,,1
Met10  ADVANCE (Exponential(13,0,T8_))
        FUNAVAIL Cpu1,RE,Term1,,RE,Term1,RE,Term1
        ADVANCE (Normal(4,T9_#Koef,T10_#Koef))
        FAVAIL Cpu1
        TRANSFER ,Met10

```



```

Met9      GENERATE ,,1
          ADVANCE (Exponential(13,0,T8_))
          FUNAVAIL Cpu2,RE,Term1,,RE,Term1,RE,Term1
          ADVANCE (Normal(4,T9_#Koef,T10_#Koef))
          FAVAIL   Cpu2
          TRANSFER ,Met9
          GENERATE VrMod
          SAVEVALUE Ver,V$Ver
          TERMINATE
          1

```

Тапсырманы шешу үшін келесі әрекеттерді орындау қажет.

Бағдарламаны GPSS World-қа жүктеңіз. Бағдарламаның негізгі мәзірінде *Edit/Insert Experiment/Screening ...* теріңіз, нәтижесінде *Screening Experiment Generator* диалогтық терезесі пайда болады (2 сурет).

Experiment Name және Run Procedure name өрістеріне сәйкесінше Server_DisExp және Server_DisExpRun теріңіз.

Сондай-ақ, терезеде Factors өрістер тобы ұсынылған (2 сурет).

Мұнда өтінімнің жоғалу ықтималдығына әсерін зерттейтін факторларды енгізу керек. Оларды келесідей белгілейміз:

L_ - диск сыйымдылығы;

TS_ - бірінші компьютерден өтінімге қызмет көрсетудің орташа уақыты;

T6_ - екінші компьютерден өтінімге қызмет көрсетудің орташа уақыты;

T7_ - үшінші компьютерден өтінімге қызмет көрсетудің орташа уақыты;

Koef - T9_ қалпына келтірудің орташа уақытының және T10_ қалпына келтіру уақытының орташа квадраттық ауытқуының өзгеру коэффициенті.

Әр фактор үшін екі деңгейді таңдау керек – төменгі және жоғарғы. Бір-бірінен едәуір алшақ орналасқан деңгейлерді таңдау ұсынылады. Бұл айтарлықтай ерекшеленетін жауаптарды алу үшін қажет.

Біз бес факторды таңдадық. Оларды A факторынан бастап енгізу керек.

A факторынан бастап бұрын таңдалған факторларды енгізіңіз. Name өрісіне фактордың атын, Value1 және Value2 өрістеріне сәйкесінше оның төменгі және жоғарғы деңгейлерін енгізіңіз. Әрі қарай жұмыс істеу үшін барлық факторларды енгізгеннен кейін бізде A, B,C,D және E факторлары болады.

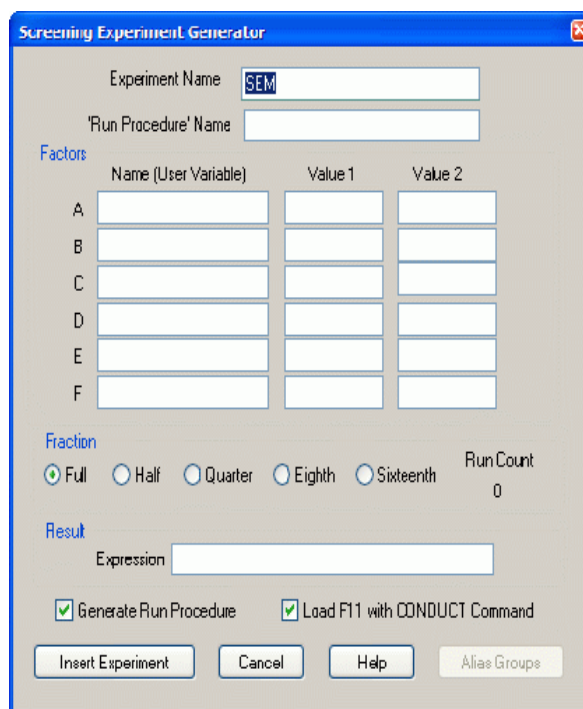
Value1 және Value2 мәндері әр нұсқа үшін 3.3-кестеде келтірілген.

Төмендегі диалогтық терезесінде Fraction тобы бар. GPSS World-та жүргізілген эксперимент толық факторлық эксперимент (ТФЭ) немесе бөлшек факторлық эксперимент (БФЭ) болуы мүмкін.

Fraction тобы факторлық эксперимент түрін таңдауға мүмкіндік береді, бағдарлама эксперименттің стратегиялық жоспарлауын автоматты түрде жүргізеді, бақылаулар санын және олардағы факторлар деңгейінің үйлесімін анықтайды.

ТФЭ орнату үшін Full-ды таңдау керек, Eighth (1/8) таңдаңыз.

Оң жақта Run Count астында 16 саны пайда болады. Бұл жасау қажет эксперименттер саны.



2 сурет – Screening Experiment Generator диалогтық терезесі

Expression өрісінде N\$Term1/N\$Met0 теріңіз, бағдарлама осы өрнек арқылы түскен өтінімді жоғалту ықтималдығын есептейді.

Result тобынан кейін опцияларды таңдауға мүмкіндік беретін екі құсбелгі бар. Generate Run Procedure опциясын таңдау кезінде экспериментпен бірге стандартты іске қосу процедурасы жасалады, оны пайдаланушы өз талаптарына сәйкес реттей алады.

Load F11 with CONDUCT Command екінші нұсқасын таңдау CONDUCT пәрменін F11 функционалдық пернесіне бекітеді. Содан кейін, "модельдеу процесі" нысанын жасағаннан кейін, экспериментті бастау үшін F11 функционалдық пернесін басу керек. Екі опцияны таңдаңыз.

Бірінші диалогтық терезесі толтырылған. Әрі қарайғы әрекеттер үшін GPSS World-де скрининг экспериментін жүргізудің барлық ережелерімен танысыңыз [].

Сіздің өз нұсқаңыз үшін дисперсиялық талдау нәтижелерін кесте түрінде алу керек. Алынған мәліметтерге қорытынды жасау және талдау жасау, қандай факторлар маңызды екенін және қызметке түскен өтінімді жоғалту ықтималдығына қандай фактор үлкен әсер ететінін көрсету қажет.

3 Тапсырма нұсқалары

3.1 ЕСЖ №1 бастапқы деректері.

2-тапсырма үшін бастапқы деректер 3.1-кестеде келтірілген. Мұнда n – ON/OFF көздерінің саны, α – Парето таралу параметрі., N – нұсқа нөмірі. Дестенің ұзындығын еркін алуға болады, бірақ бүкіл ағын үшін тұрақты болуы керек.

3.1 кесте – Бірінші жұмыс үшін бастапқы деректер

$\backslash N$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
α	1,64	1,60	1,56	1,52	1,48	1,44	1,40	1,36	1,32	1,28

3.2 ЕСЖ № 2 бастапқы деректері.

3.2 кесте - Екінші жұмыс үшін бастапқы деректер

№ Нұсқа	V	λ_1	λ_2	m1	m2	x1	x2
1	30	0.2	0.1	1	4	1	1
2	32	0.1	0.2	1	3	1	2
3	34	0.3	0.2	2	2	2	1
4	32	0.1	0.3	3	1	2	2
5	36	0.1	0.2	1	3	1	2
6	30	0.3	0.2	2	2	2	1
7	32	0.2	0.2	4	1	1	1
8	34	0.3	0.1	1	3	1	2
9	32	0.1	0.2	1	3	1	1
10	36	0.2	0.1	1	4	1	2

3.3 ЕСЖ № 3 бастапқы деректері.

3.3 кесте – Үшінші жұмыс үшін бастапқы деректер.

№ нұсқа		L	T5	T6	T7	Koef
1	Value 1	1	3	3	4	0.5
	Value 2	5	15	20	18	2
2	Value 1	2	4	3	5	0.6
	Value 2	6	12	18	19	2
3	Value 1	1	3	3	4	0.5
	Value 2	6	12	18	19	2
4	Value 1	2	4	3	5	0.7
	Value 2	5	13	17	16	2.1
5	Value 1	1	3	4	6	0.8
	Value 2	6	14	19	17	2.2
6	Value 1	1	3	3	4	0.5
	Value 2	6	12	18	19	2
7	Value 1	1	2	3	4	0.5
	Value 2	6	14	22	18	2.1
8	Value 1	2	4	3	5	0.7
	Value 2	6	12	18	19	2
9	Value 1	1	3	3	4	0.5
	Value 2	6	14	19	17	2.2
10	Value 1	1	4	5	6	0.5
	Value 2	6	12	15	17	2

Әдебиеттер тізімі

1. Васильев К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование инфокоммуникационных систем: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 236 с.
2. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепция, модели, приложения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.
3. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.
4. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 536 с.
5. Вилли Б. Иверсен. Разработка телетрафика и планирование сетей: учебное пособие / Пер. с англ. под ред. А.Н. Берлина. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 526 с..
6. Сосновиков Г.К., Воробейчиков Л.А. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World: учебное пособие. – М.: Форум, 2015. – 112 с.
7. Горгадзе С.Ф., Бокк Г.О. Планирование и обработка результатов эксперимента в радиотехнике и инфокоммуникационных системах. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 132с.
8. Mohammad S.Obaidat, Petros Nicopolitidis and Faozi Zarai. Modeling and Simulation of Computer Networks and Systems [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.amazon.com/Modeling-Tools-Network-Simulation-Wehrle/dp/3642123309>
9. Jiji Antony. Design of Experiments for Engineering and Scientists [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.amazon.com/Design-Experiments-Engineers-Scientists-Antony/dp/0750647094>.
10. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
11. Туманбаева К.Х. Моделирование систем телекоммуникаций: учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2007. – 70 с.
12. Лещинская Э.М., Калиева С.А. Применение пакета GPSS при моделировании систем телекоммуникаций: учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2010. – 80.с.

Мазмұны

Кіріспе	3
1 Есептеу – сызба жұмыстардың тапсырмалары.....	4
1.1. Есептеу – сызба жұмыс №1. Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының модельдерін талдау.....	4
1.2 Есептеу – сызба жұмыс №2. Мультисервистік желідегі қызмет көрсету процесін модельдеу.....	4
1.3 Есептеу – сызба жұмыс №3 Тәжірибелерді жоспарлау.....	4
2 Әдістемелік нұсқау.....	4
2. Есептеу – сызба жұмыс №1 Инфокоммуникациялық жүйелердің кіріс ағындарының модельдерін талдау.....	4
2.1.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	4
2.1.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	6
2.2 Есептеу – сызба жұмыс №2. Мультисервистік желіде қызмет көрсету процесін модельдеу.....	8
2.2.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	8
2.2.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	12
2.3 Есептеу – сызба жұмыс №3. Тәжірибелерді жоспарлау.....	12
2.3.1 Бірінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	12
2.3.2 Екінші тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар	14
3 Тапсырма нұсқалары.....	19
3.1 №1 ЕСЖ-ға бастапқы деректер.....	19
3.2 №2 ЕСЖ -ға бастапқы деректер.....	19
3.3 №3 ЕСЖ-ға бастапқы деректер.....	20
Әдебиеттер тізімі.....	21

2021 ж. қосымша жоспары, 26 поз.

Күмісай Хасенқызы Тұманбаева
Элеонора Мироновна Лещинская

ИНФОКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ МОДЕЛЬДЕУДІҢ
ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ

6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығының докторанттары үшін есептеу – сызба жұмыстарын орындауға
арналған әдістемелік нұсқау

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Ж.Н. Изтелеуова
Ж.А. Ануарбек

Басылымға қол қойылды ___ 2021ж
Таралым 50 дана.
Көлемі 1,4 есептік-баспа табақ

Формат 60x84 1/16
Қағаз типограф. №2
Тапсырыс ___ Бағасы 700 теңге

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс
университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме-көбейту бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1