

МРНТИ 27.35.33  
УДК 510 (075.8)

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.02>

Ф.Р. Гусманова<sup>1\*</sup>, А.Д. Сатыбаев<sup>2</sup>, Г.А. Абдулкаримова<sup>3</sup>, С.Б. Беркимбаева<sup>4</sup>, К.С. Дальбекова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Ош технологиялық университеті, Ош қ., Қырғызстан

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Халықаралық бизнес университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: grfarida77@gmail.com

## ЖЕЛІЛІК ЖОСПАРЛАУДА ЖҰМЫС ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ УАҚЫТЫН ЫҚТИМАЛДЫҚ ТЕОРИЯСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН БАҒАЛАУ

### Аңдатпа

Мақалада желілік жоспарлау мен басқаруда желілік графиканың көмегімен үрдісті модельдеуге негізделген және есептеу әдістерінің жиынтығын, кешенді жұмыстарды жоспарлау және басқару бойынша ұйымдастыру мен бақылау мәселелері қарастырылады. Желілік графикалардың негізгі параметрлері келтіріліп, оларға қысқаша сипаттамалары берілді. Жұмыстың уақыт қорының түрлері сипатталған. Сыншыл жолдың ұзындығы мен топологиясын анықтаудағы ерекшеліктерге көңіл бөлінді. Желілік графикаларды жоспарлаудың, оларды құру, реттеу алгоритмдері қарастырылады. Соңында желілік графикаға талдау жүргізіледі және оңтайландырылады. Сыншыл емес жолдағы жұмыстың әрбір тобының мерзімінде орындалу қиындығының деңгейін жұмыс қарбаластығының коэффициентінің көмегімен анықтауға болатыны негізделген.

Жұмыс жинақтығының орындалу мерзімін ескеріп, оны ұйымдастыруды жетілдіру желілік графикада оңтайландыруды білдіреді. Оңтайландыру сыншыл жолдың ұзындығын қысқарту, жұмыстардың қарбаластығының коэффициенттерін теңестіру, қорларды ұтымды пайдалану мақсатында жүргізілетіндігі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** желілік жоспарлау мен бағалау, сыншыл жол, желілік графика, оқиға, жұмыс.

### Аннотация

Ф.Р. Гусманова<sup>1</sup>, А.Д. Сатыбаев<sup>2</sup>, Г.А. Абдулкаримова<sup>3</sup>, С.Б. Беркимбаева<sup>4</sup>, К.С. Дальбекова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Ошский технологический университет, г.Ош, Киргизия

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Международный университет бизнеса, г.Алматы, Казахстан

## ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ ПРИ СЕТЕВОМ ПЛАНИРОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

В статье рассматриваются вопросы организации и управления комплексом вычислительных методов, интегрированного планирования работ, основанных на моделировании процессов с использованием сетевого графика при сетевом планировании и управлении сложными работами. Приведены основные параметры сетевого графика и дана их краткая характеристика. Особое внимание уделено особенностям определения длительности и топологии критического пути. Рассмотрены алгоритмы планирования, создания и настройки сетевого графика. Сетевой график анализируется и в дальнейшем оптимизируется. Он основан на том, что уровень трудности своевременного выполнения каждой группой не критического пути можно определить с помощью коэффициента интенсивности работ.

Улучшение организации работы с учетом сроков означает оптимизацию сетевого графика. Показано, что оптимизация проводится с целью сокращения длительности критического пути, выравнивания коэффициентов интенсивности, рационального использования ресурсов.

**Ключевые слова:** сетевое планирование и управление, критическая путь, сетевая графика, событие, работа.

Abstract

**ESTIMATION OF THE DURATION OF WORKING HOURS IN NETWORK PLANNING USING PROBABILITY THEORY**

Gusmanova F. <sup>1</sup>, Satybaev A. <sup>2</sup>, Abdulkarimova G. <sup>3</sup>, Berkimbaeva S. <sup>4</sup>, Dalbekova K. <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan

<sup>3</sup>Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>International Business University, Almaty, Kazakhstan

The article deals with the organization and control of a complex of calculation methods, integrated work planning and management, based on process modeling using network graphics in network planning and management. The main parameters of network graphics are given and a brief description is given. The types of stocks of working time are described. Particular attention was paid to the features of determining the duration and topology of the critical path. Algorithms for planning, creating and configuring network graphics are considered. Finally, the network graphics are analyzed and optimized. It is based on the fact that the level of difficulty in the timely execution of each group of non-critical paths can be determined using the intensity factor of work. Improving the organization of work with deadlines means optimizing network graphics. It is indicated that optimization is carried out in order to reduce the duration of the critical path, equalize the intensity factors, rational use of resources.

**Keywords:** network planning and management, critical path, network graphics, event, work.

### Кіріспе

Күрделі үрдістерді жоспарлаудың тиімдірек тәсілдері желілік жоспарлау мен басқарудың жаңа әдістерін құруға әкеледі.

Желілік модель – желінің арнайыландырылған түрінде берілген, графикалық түрде бейнеленуі желілік графика деп аталатын өзара байланысты жұмыстардың орындалу жоспарының қандай да бір жиынтығын береді. Желілік модельдің басты маңыздылығы – алдыңғы жұмыстардың барлық уақыттық өзара байланыстарының дұрыс анықталуы.

Желілік модельдің басты элементтері – оқиға және жұмыс.

Жұмыс ұғымы желілік жоспарлау мен басқаруда кең мағынада пайдаланылады.

Атап айтқанда:

- жұмыс – ресурстар шығынын талап ететін уақыт бойынша созылған үрдіс;
- күту – ресурстар шығынын талап етпейтін уақыт бойынша созылған үрдіс;
- тәуелділік, немесе жалған жұмыс – еңбек, материалдық ресурстар немесе уақыт шығынын талап етпейтін екі немесе бірнеше жұмыстардың арасындағы логикалық байланыс.

Оқиға – жобаның орындалуындағы жеке кезеңді бейнелейтін қандай да бір үрдістің аяқталатын мерзімі.

Оқиға жеке жұмыстың дербес нәтижесі немесе бірнеше жұмыстың жалпы нәтижесі болуы мүмкін. Осы оқиғаға дейін болған барлық жұмыстар аяқталғанда ғана оқиға болуы мүмкін. Оқиға орындалғаннан кейін ғана келесі жұмыстар басталады. Осыдан оқиғаның қосжақтылық сипаты алынады: оқиғадан кейінгі барлық жұмыс үшін ол бастапқы, ал оқиғаға дейінгі барлық жұмыс үшін ол ақырғы болып табылады.

### Мақаланың мақсаты

Амалдарды зерттеу саласында желілік жоспарлау мен басқаруда жұмыс ұзақтығының уақытын бағалау.

### Негізгі мақала материалы

Желілік жоспарлау мен басқару әдістерінің жүйесі – ғылыми зерттеулерді, ірі халықшаруашылық кешендерін, құрылыстар мен қайта құруды, өнімдердің жаңа түрлерін, өндірісті конструкторлық және технологиялық әзірлеуді, негізгі қорды желілік графиканы қолдану жолымен түбегейлі жөндеуді дайындаудағы жоспарлау мен басқару әдістерінің жүйесі болып табылады.

Желідегі тізбектің әрбір жұмысының бастапқы оқиғасы одан кейінгі жұмыстың ақырғы оқиғасымен беттесетін кез келген жұмыс тізбегі жол болып табылады.

Жолдың екі түрі кездеседі:

- толық жол, бастапқы оқиғалан аяқтаушы оқиғаға дейінгі жұмыстардың орындалуының үзіліссіз тізбегі;

- сыншыл жол, осы жолдағы жұмыстардың орындалуының ең көп ұзақтығымен сипатталатын бастапқы оқиғадан аяқталатын оқиғаға дейінгі жол.

Желілік графикалардың төрт негізгі параметрлері кездеседі:

- оқиғалар параметрлері;
- жұмыс параметрлері;
- жолдың уақыт қоры;
- жұмыстың уақыт қоры [1].

Оқиғалар параметрлері. Оқиғалар параметрлері ерте немесе кеш мерзімі осы оқиғаға дейінгі оқиғаның ең көп жолының ұзақтығымен анықталады:

$$t_e(i) = \max t(L_{iДж}), \quad (*)$$

мұндағы  $L_{iДж}$  –  $i$ -ші оқиғаға дейінгі кез келген жол, яғни желінің бастапқы оқиғасынан  $i$ -ші оқиғаға дейінгі жол.

Егер  $j$ -ші оқиғаның алдында бірнеше жол болса, демек, бірнеше алдындағы  $i$  оқиға болса, онда  $j$ -ші оқиғаның орындалуының ерте мерзімін келесі формуламен есептеген ыңғайлы:

$$t_e(j) = \max_{i,j} [t_e(i) + t(i,j)]. \quad (**)$$

$i$ -ші оқиғаның орындалу мерзімі мен одан кейінгі жолдардың ең көп ұзақтығының қосындысы сыншыл жолдың ұзақтығынан артпайтын жағдайға дейін осы оқиғаның ерте мерзіміне қатысты өзінің аяқталуының кідірісі аяқтаушы оқиғаның аяқталу мерзіміне, демек, жұмыс жиынының мерзіміне де әсер етпейді.

Сондықтан,  $i$ -ші оқиғаның орындалуының кеш мерзімі келесі формуламен есептелінеді:

$$t_k(i) = t_{сын} - \max_{L_{iКж}} t(L_{iКж}).$$

мұндағы  $L_{iКж}$  –  $i$ -ші оқиғадан кейінгі кез келген жол, яғни  $i$ -ші оқиғадан желіні аяқтаушы оқиғаға дейінгі жол.

Егер  $i$ -ші оқиғадан кейін бірнеше жол болса, демек, бірнеше кейінгі  $j$  оқиға болса, онда  $i$ -ші оқиғаның орындалуының кеш мерзімін мына формуламен есептеген ыңғайлы:

$$t_k(i) = t_{сын} \min_{i,j} [t_k(j) - t(i,j)].$$

$i$ -ші оқиғаның  $R(t)$  уақыт қоры оның орындалуының ерте және кеш мерзімдерінің айырымына тең:

$$R(i) = t_e(i) - t_k(i).$$

Оқиғаның уақыт қоры уақыттың қандай мүмкін болатын аралығында жұмыс жиынтығының орындалу мерзімін арттырмай осы оқиғаның болуын кідіртуге болатынын көрсетеді.

Оқиғаның орындалуындағы кез келген кідіріс аяқтаушы оқиғаның орындалуында да осындай кідірісті болдыратындықтан сыншыл оқиғалардың уақыт қорлары болмайды.

Осыдан сыншыл жолдың ұзындығы мен топологиясын анықтау үшін желілік графиканың барлық толық жолдарын тізіп жазып, олардың ұзақтығын анықтау мүлдем міндетті емес.

Жұмыс параметрлері. Жеке жұмыстар ерте, кеш және аралық уақыттарда басталуы (аяқталуы) мүмкін.

Графиканы оңтайландыру кезінде жұмыс берілген аралықтағы кез келген жерде орналасуы мүмкін [2-5].

$(i, j)$  жұмыстың  $t_{еб}(i, j)$  ерте мерзімде басталуы бастапқы (алдындағы)  $i$ -ші оқиғаның орындалуының ерте мерзімімен беттеседі, яғни

$$t_{еб}(i, j) = t_e(i) \quad (1)$$

Сонда  $(i, j)$  жұмыстың  $t_{ea}(i, j)$  ерте аяқталуы

$$t_{ea}(i, j) = t_e(i) + t(i, j) \quad (2)$$

формуласымен есептеледі.

Бірде-бір жұмыс өзінің ақырғы  $i$ -ші оқиғасының мүмкін болатын кеш мерзімінен кеш аяқталуы мүмкін емес. Сондықтан,  $(i, j)$  жұмыстың аяқталуының  $t_{ка}(i, j)$  кеш мерзімі

$$t_{ка}(i, j) = t_{к}(j) \quad (3)$$

қатынасымен, ал осы жұмыстың басталуының  $t_{кб}(i, j)$  кеш мерзімі

$$t_{кб}(i, j) = t_{к}(j) - t(i, j) \quad (4)$$

қатынасымен анықталады.

Сонымен, желілік модель аясында жұмыстың басталуы мен аяқталуы көршілес оқиғалармен (1)-(4) шектеулер арқылы тығыз байланыста болады.

Жолдың уақыт қоры. Жолдың  $R(L)$  уақыт қоры сыншыл және қарастырылатын жолдардың арасындағы айырым ретінде анықталады:

$$R(L) = t_{сын} - t(L).$$

Бұл осы жолға тиісті барлық жұмыстардың ұзақтығыжалпы қаншаға артатынын көрсетеді. Егер осы жолдағы жұмыстың орындалуын  $R(L)$  уақытынан артық уақытқа созсақ, онда сыншыл жол  $L$  жолына жылжиды [6].

Осыдан,  $L$  жолындағы бөлімнің сыншыл жолмен беттеспейтін кез келген жұмыстың уақыт қоры болатынын қорытындылауға болады.

Жұмыстың уақыт қоры. Жұмыстың уақыт қорының төрт түрі кездеседі:

- $(i, j)$  жұмыс уақытының  $R_{тол}(i, j)$  толық қоры;
- кепілденген қор немесе  $(i, j)$  жұмыс уақытының бірінші түрдегі жеке қоры;
- бос қор немесе  $(i, j)$  жұмыс уақытының екінші түрдегі жеке қоры;
- $(i, j)$  жұмыс уақытының тәуелсіз қоры.

$(i, j)$  жұмыс уақытының  $R_{тол}(i, j)$  толық қоры жұмыс жиынтығының орындалу мерзімі орындалған жағдайда берілген жұмыстың орындалу уақытын қаншаға арттыруға болатынын көрсетеді.  $R_{тол}(i, j)$  толық уақыт қоры

$$R_{тол}(i, j) = t_{к}(j) - t_e(i) - t(i, j)$$

формуласымен анықталады.

Жұмыс уақытының толық қоры – бұл жобаның жалпы мерзімін өзгертпей жұмыстың бастапқы уақытын қанша уақытқа жылжытуға немесе ұзақтығын қанша уақытқа арттыруға болатынын көрсететін уақыт мерзімі.

Осы анықтамадан жеке жұмыстар бойынша жұмысты жақсы орындайтындай уақыттың толық қорын пайдалануға болатыны алынады. Уақыттың толық қоры тәуелді қоры болып табылады, яғни оны қолдану басқа жұмыстар бойынша қорларын өзгертуге әкелуі мүмкін. Сондықтан, уақыттың толық қорын пайдаланған кезде, көбінесе қорларды қайта үлестіруді анықтау үшін желілік графиканың параметрлері қайтадан есептелінеді. Кепілденген қор немесе  $(i, j)$  жұмыс уақытының бірінші түрдегі жеке қоры. Кепілденген қор – бұл жұмыстың бастапқы оқиғасының кеш мерзімін өзгертпей жұмыс ұзақтығын осы мөлшерге арттыруға болатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары өздерінің ең кеш мерзімінде орындалады деген ұйғарыммен берілген жұмысты орындау барысында осы қорды пайдалануға болады. Кепілденген қор

$$R_1(i, j) = t_{к}(j) - t_{к}(i) - t(i, j)$$

немесе

$$R_1(i, j) = R_{тол}(i, j) - R(i)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Бос қор немесе  $(i, j)$  жұмыс уақытының екінші түрдегі жеке қоры. Бос қор – бұл жұмыстың ақырғы оқиғасының ерте мерзімін өзгертпей жұмыс ұзақтығын осы мөлшерге арттыруға болатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары өздерінің ең ерте мерзімінде орындалады деген ұйғарыммен берілген жұмысты орындау барысында осы қорды пайдалануға болады. Бос қор

$$R_2(i, j) = t_e(j) - t_e(i) - t(i, j)$$

немесе

$$R_2(i, j) = R_{\text{тол}}(i, j) - R(j)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Жұмыстарды орындау барысында пайда болатын кездейсоқтардан құтылу үшін уақыттың бос қорын пайдалануға болады. Жұмыстың басталуы мен аяқталуы ерте мерзім бойынша орындалатындай жоспарланса, онда барлық кезде қажет болған жағдайда жұмыстың басталуы мен аяқталуын кеш мерзімге ауыстыруға болады.

$(i, j)$  жұмыс уақытының тәуелсіз қоры. Тәуелсіз қор – барлық алдындағы жұмыстар кеш мерзімде аяқталатындай, ал барлық келесі жұмыстар ерте мерзімде басталатындай жағдай үшін алынатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Уақыттың тәуелсіз қоры

$$R_{\text{тәу}}(i, j) = t_e(j) - t_k(i) - t(i, j) \quad (5)$$

немесе

$$R_{\text{тәу}}(i, j) = R_{\text{тол}}(i, j) - R(i) \quad (6)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Уақыттың тәуелсіз қорын пайдалану басқа жұмыстардың уақыт қорларының шамасына әсер етпейді. Алдындағы жұмыстардың орындалуы мүмкін болатын кеш мерзімде аяқталса, ал келесі жұмыстарды ерте мерзімде бастайтын болған жағдайда уақыттың тәуелсіз қорын пайдалануға ұмтылады. Егер (5) және (6) формулалармен аяқталған тәуелсіз қор шамасы нөлге тең немесе оң болса, онда мұндай мүмкіндік бар. Егер бұл шама теріс болса, онда мұндай мүмкіндік жоқ, себебі алдындағы жұмыс әлі аяқталған жоқ, ал келесі жұмысты бастау керек. Сондықтан тәуелсіз қордың теріс мәнінің нақты мағынасы жоқ. Тәуелсіз қорлар тек қана жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары арқылы өтетін максималды жолдарда жатпайтын жұмыстарда болады.

Сыншыл жолдағы жұмыстардың сыншыл оқиғалардағы сияқты уақыт қорлары болмайды, яғни олар нөлге тең. Сыншыл жұмыстардың, яғни уақыт қорлары жоқ жұмыстардың көмегімен желілік графиканың желілік графиканың сыншыл жолы анықталуы мүмкін. Егер желіде бірнеше сыншыл жол болған кезде сыншыл жолды анықтаудың осы тәсілін пайдаланған дұрыс болады деп есептеледі.

Егер  $i$  бастапқы оқиға сыншыл жолда болса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_1(i, j) \quad (7)$$

Егер  $j$  ақырғы оқиға сыншыл жолда болса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_2(i, j) \quad (8)$$

Егер бастапқы және ақырғы  $i$  және  $j$  оқиғалар сыншыл жолда болса, бірақ жұмыстың өзі осы жолда болмаса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_1(i, j) = R_2(i, j) = R_{\text{тәу}}(i, j) \quad (9)$$

(7) – (9) қатынастарын жеке жұмыстардың уақыт қорларын есептеудің дұрыстығын тексергенде пайдалануға болады.

Желілік графикалар жоспарлаудың бастапқы кезеңінде құрылады. Алдымен жоспарланатын үрдіс жеке жұмыстарға бөлінеді, жұмыстар мен оқиғалар тізімі дайындалады, олардың орындалуының логикалық байланысы мен орындалу реті ойластырылады, жұмыстар жауапты орындаушыларға бекітіледі. Солардың көмегімен жұмыстың ұзақтығы бағаланады. Содан кейін желілік графика

құрылады. Желілік графика бірыңғайланғаннан кейін оқиғалар мен жұмыстардың параметрлері есептеледі, уақыт қоры мен сыншыл жол анықталады. Соңында желілік графикаға талдау жүргізіледі және оңтайландырылады. Қажет болған жағдайда оқиғалар мен жұмыстардың параметрлерін қайта есептей отырып желілік графика қайтадан сызылады.

Желілік графикадағы жұмысты орындау ұзындығы көп жағдайда, анықталмағандық, математикалық түсінің бойынша кездейсоқ шама болып табылады. Егер кездейсоқ шаманың үлестіру заңы белгілі болса, онда оның маңызды екі сипаттамасын – орташа мәні мен дисперсиясын табу қиын болмайды.

Барлық дерлік желілік жоспарлау мен басқару жүйелерінде жұмыс ұзақтығын үлестіру үш қасиетті қамтиды:

- үзіліссіздік;
- унимодальдылық, яғни үлестіру қисығында жалғыз максимумның бар болуы;
- үлестіру қисығы мен Ох осінің қиылысуы теріс емес абсциссалары бар екі нүктені береді.

Сонымен қатар, жұмыс ұзақтығын үлестіру оң асимметрияны қанағаттандырады, яғни қисық максимумы медианаға қатысты солға жылжиды.

Осындай қасиеттері бар қарапайым үлестіру математикалық статистикада  $\beta$ -үлестіруі түрінде белгілі болып табылады. Желілік жоспарлауда жұмыс ұзақтығының уақыт бағалауларының үш түрі қарастырылады:

1.  $t_{об}(i, j)$  оптимистік бағалау, яғни қолайлы жағдайларда  $(i, j)$  жұмысының ұзақтығы;
2.  $t_{пб}(i, j)$  пессимистік бағалау, яғни қолайлы емес жағдайларда  $(i, j)$  жұмысының ұзақтығы;
3.  $t_{еыб}(i, j)$  ең ықтимал бағалау, яғни қалыпты жағдайларда  $(i, j)$  жұмысының ұзақтығы.

$(i, j)$  жұмысының ұзақтығының  $\beta$ -үлестіруі туралы болжам оның сандық характеристикаларының келесі бағалауын алуға мүмкіндік береді:

$$\bar{t}(i, j) = \frac{t_{об}(i, j) + 4t_{еыб}(i, j) + t_{пб}(i, j)}{6} \quad (10)$$

$$\sigma^2(i, j) = \left[ \frac{t_{пб}(i, j) - t_{об}(i, j)}{6} \right]^2 \quad (11)$$

Көбінесе, мамандарға жұмысты орындаудың ең ықтимал  $t_{еыб}(i, j)$  уақытын бағалау қиынға соғады. Сондықтан, нақты жобаларда  $(i, j)$  жұмысының орташа ұзақтығына қысқартылған және онша дәл емес бағалау пайдаланылады:

$$\bar{t}(i, j) = \frac{2t_{об}(i, j) + 3t_{пб}(i, j)}{5} \quad (12)$$

$\bar{t}(i, j)$ ,  $\sigma^2(i, j)$  шамаларын біле отырып, желілік графиканың уақыт параметрлерін анықтауға және олардың сенімділігін бағалауға болады.

L жолына тиісті жұмыстың саны көп болған кезде және ықтималдықтар теориясының курсынан белгілі Ляпуновтың орталық шектік теоремасын қолдануға болады. Осы теореманың негізінде жолының жалпы ұзақтығы олардың  $\bar{t}(i, j)$  жұмыстарын құратын ұзақтығының орташа мәніне тең және дисперсиясы  $\sigma^2(L)$  сәйкес  $\sigma^2(i, j)$  дисперсияларының қосындысына  $\bar{t}(L)$  орташа мәнімен берілген қалыпты үлестірім заңын қанағаттандырады деп болжауға болады:

$$\bar{t}(L) = \sum_{i, j} \bar{t}(i, j) \quad (13)$$

$$\sigma^2(L) = \sum_{i, j} \sigma^2(i, j) \quad (14)$$

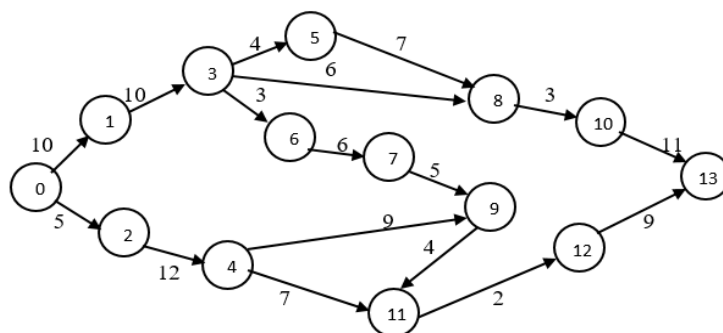
Айталық, қандай да бір жобаны құрған кезде келесі оқиғалар бөлінді: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 және олардың жұмыстарын (0, 1), (0, 2), (1, 3), (2, 4), (2, 5), (3, 5), (3, 7), (3, 10), (4, 6), (4, 8), (4, 9), (5, 8), (6, 9), (7, 10), (8, 6), (8, 10), (9, 12), (10, 9), (10, 12), (11, 12), (11, 13), (12, 13) – байланыстырушылар бөлінсін. Желілік графиканы құрып, реттеу алгоритмін келтірейік.

Жұмыс тізімінде 0-оқиға бастапқы оқиға (оның алдында ешқандай жұмыс жоқ), 13-ші оқиға аяқтаушы оқиға (одан кейін ешқандай жұмыс жоқ).

Желілік графикада уақыт солдан оңға қарай өзгереді деп ұсынып, 0-ші оқиғаны графиканың сол жақ шетіне, ал 13-ші оқиғаны оң жақ шетіне орналастырамыз. Осы оқиғаның арасына қандай да бір ретпен олардың нөмірлеріне сәйкес келетін аралық оқиғаларды орналастырамыз. Оқиғаларды жұмыс тізіміне сәйкес көрсеткіштер арқылы жұмыстармен байланыстырамыз [7-9].

Алынған желілік графика оларды құруға қойылған ережелерге толығымен сай, әйтсе де ол толығымен реттелген болып саналмайды. Реттелген желілік графикада барлық жұмыс-көрсеткіштер солдан оңға: кіші нөмірлі оқиғадан үлкен нөмірлі оқиғаға қарай бағытталады.

1-суреттегі желілік графикада желі детерминирленген, яғни бекітілген жұмыс ұзақтығымен емес, ал кездейсоқ жұмыс ұзақтығымен берілсін және жұмыс көрсеткіштердің үстіндегі цифрлар (10) немесе (12) формула бойынша табылған сәйкес амалдардың ұзақтығының  $\bar{t}(i, j)$  орташа мәнін берсін және (11) формула бойынша есептелген барлық  $\sigma^2(i, j)$  дисперсиялары белгілі болсын.



Сурет 1. Кездейсоқ жұмыс ұзақтығымен берілген желілік графика

Бұл жағдайда желілік графиканың уақыт параметрлері сыншыл жолдың ұзындығы, оқиғаның орындалуының ерте және кеш мерзімдері оқиға мен жұмыстың уақыт қорлары жоғарыда келтірілген жолмен есептеледі.

1-суреттегі желілік графикада, толы жолдар үшін жолдың ұзақтығын есептей отырып, солардың арасындағы ең үлкен мән  $\bar{t}_{\text{сын}} = 57$  шамасы сыншыл жолдың ұзындығы 57 тәулікті құрайтынын білдіреді, ал әрбір нақты жобанда сыншыл жолдың ұзындығы оның орташа мәнінен елеулі ауытқуы мүмкін.

$t_{\text{сын}}$  шамасын қалыпты үлестірім заңы бар кездейсоқ шама деп ұсына отырып

$$P(t_{\text{сын}} \leq T) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{T - \bar{t}_{\text{сын}}}{\sigma_{\text{сын}}}\right) \quad (15)$$

қатынасын аламыз, мұндағы  $\Phi(z)$  – Лаплас ықтималдығының интегралының мәні,  $z = \frac{T - \bar{t}_{\text{сын}}}{\sigma_{\text{сын}}}$ ;  $\sigma_{\text{сын}}$  – сыншыл жолдың ұзындығының орташа квадраттық ауытқуы:

$$\sigma_{\text{сын}} = \sqrt{\sigma_{\text{сын}}^2} \quad (16)$$

ал  $t_{\text{сын}}$ ,  $\sigma_{\text{сын}}^2$  – (13) және (14) формулалар бойынша анықталады.

Егер  $P(t_{\text{сын}} \leq T)$  аз болса, онда жұмысты мерзімінде орындамау қауіптігі үлкен болады да, қосымша шараларды: желі бойынша қорларды қайтада бөлу, жұмыстар мен оқиғалардың құрамдарын қарастыру және т.б. қабылдау қажет болады. Егер  $P(t_{\text{сын}} \leq T)$  аз болмаса, онда жеткілікті түрде мол сеніммен жобаның бекітілген мерзімінде орындалатынына көз жеткіземіз.

Кейбір жағдайларда кері есепті шешуге тура келеді, яғни  $T$  жобасының орындалуының максималды мерзімін анықтау керек.

Бұл жағдайда

$$T = t_{\text{сын}} + z_{\beta} \sigma_{\text{сын}} \quad (17)$$

мұндағы  $z_{\beta} - \Phi(z_{\beta}) = \beta$  –Лаплас функциясының көмегімен анықталатын кездейсоқ шаманың нормаланған ауытқуы.

Сыншыл жолды және жұмыс уақытының қорын және берілген мезгілдегі жобаның орындалу ықтималдығының бағасын тапқаннан кейін желілік графикаға жан-жақты талдау жүргізілуі керек және оны оңтайландыру бойынша шаралар қабылдануы керек. Желілік графиканы дайындаудағы осы маңызды кезең желілерді жобалау және басқару жүйесінің негізгі идеясын ашады.

Тек қана жұмыс ұзақтығының бағалауы берілетін күнтізбелік желінің талдауы мен оңтайландыруын қарастырайық. Желілік графиканы талдау алдымен желілік графиканы құруды бақылауды, жұмысты дұрыс талдауды, оларды бөлшектеу деңгейін орнататын желі топологиясын талдаудан басталады. Содан кейін қор шамалары бойынша жұмыстарды жіктеу және топтастыру жүргізіледі. Уақыттың толық қорының шамасы барлық уақытта қандай да бір сыншыл емес жолдағы жұмыстың орындалуын дәл сипаттай бермейді. Ол есептелінген қордың қандай жұмыстар тізбегіне таратылатынынан, осы тізбектің ұзақтығы қандай болатындығынан тәуелді болады. Сыншыл емес жолдағы жұмыстың әрбір тобының мерзімінде орындалу қиындығының деңгейін жұмыс қарбаластығының коэффициентінің көмегімен анықтауға болады [10 - 12].

Жолдардың беттеспейтін бөліктерінің ұзақтығының қатынасы  $(i, j)$  жұмысының қарбалыстық қатынасы деп аталады:

$$K_k(i, j) = \frac{t(L_{max}) - t'_{сын}}{t_{сын} - t'_{сын}} \quad (18)$$

мұндағы  $t(L_{max}) - (i, j)$  жұмысы арқылы өтетін максималды жолдың ұзақтығы;  $t_{сын}$  – сыншыл жолдың ұзақтығы;  $t'_{сын}$  – сыншыл жолмен беттесетін, қарастырылатын жолдың бөлігінің ұзақтығы.

(18) формуланы

$$K_k(i, j) = 1 - \frac{R_{тол}(i, j)}{t_{сын} - t'_{сын}}$$

түріне келтіруге болады, мұндағы  $R_{тол}(i, j) - (i, j)$  жұмыс уақытының толық қоры.

$K_k$  қарбаластық коэффициенті 0-ден 1-ге дейін өзгереді.

$K_k(i, j)$  шамасына тәуелді үш аймақ кездеседі: сыншыл, ішкі сыншыл, резервтік.

Есептелген қарбаластық коэффициенттері жұмыстарды қосымша аймақтарға жіктеуге мүмкіндік береді.

### Қорытынды

Сонымен, егер уақыттың бірінші түрдегі жеке қоры алдындағы жұмыстардың уақыт қорын жұмсмай берілген және келесі жұмыстардың ұзақтығын арттыруға пайдаланылса, ал уақыттың бос қоры – келесі жұмыстардың уақыт қорын бұзбай берілген және алдындағы жұмыстардың ұзақтығын арттыруға пайдаланылса, уақыттың тәуелсіз қоры тек қана берілген жұмыстың ұзақтығын арттыруға пайдаланылады.

$K_k(i, j)$  коэффициенті 1-ге жақын болған сайын көрсетілген мерзімде берілген жұмысты орындау қиынырақ болады.  $K_k(i, j)$  коэффициенті 0-ге жақын болған сайын берілген жұмыс арқылы өтетін максималды жолдың үлкен салыстырмалы қоры болады.

Жұмыстардың толық қорлары бірдей болуы мүмкін, бірақ  $K_k(i, j)$  қарбаластығының коэффициентімен өрнектелетін олардың орындалу мерзімінің қарбаластық деңгейі әр түрлі болуы мүмкін. Керісінше де, қарбаластық коэффициенттері бірдей, ал толық қорлары әр түрлі болуы мүмкін.

Жұмыс жинақтығының орындалу мерзімін ескеріп, оны ұйымдастыруды жетілдіру желілік графикада оңтайландыруды білдіреді. Оңтайландыру сыншыл жолдың ұзындығын қысқарту, жұмыстардың қарбаластығының коэффициенттерін теңестіру, қорларды ұтымды пайдалану мақсатында жүргізіледі. Бірінші кезекте сыншыл жолдағы жұмыстардың ұзақтығын қысқарту бойынша шаралар қабылданады. Ол:

- барлық түрдегі ресурстарды: уақыт, еңбек, материалдық қайта үлестіру. Бұл жерде қорларды қайта бөлген кезде жүктемесі аз зоналардан жұмыстары көп зоналарға бөлуді ескеру есебінен;
- сыншыл жұмыстардың еңбек мөлшерін уақыт қорлары бар басқа жолдарға жұмыстың бөлігін аудару есебінен қысқарту;
- сыншыл жолдардың жұмыстарын қатар орындау;
- желі топологиясын қайта қарастыру, жұмыс құрамы мен желі құрылымын өзгерту есебінен орындалады.



Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Гусманова Ф.Р. Амалдарды зерттеудің негіздері. – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011, -472 бет.
- 2 Головченко Г.В., Ребезова М.И. Метод расчета сетевых графиков выполнения работ, учитывающий наличие располагаемых ресурсов // Научный вестник МГТУ ГА. Том 20, №03, 2017
- 3 Кудрявцев Е.М. Microsoft Project. Методы сетевого планирования и управления проектом. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 241 с., ил.
- 4 Ивасенко А.Г. Управление проектами: учебное пособие. Ростов н/Дону:Феникс, Высшее образование. 2009. – 330 с.
- 5 Центр креативных технологий. Сетевое планирование. <http://www.inventech.ru/lib/glossary/netplan/>
- 6 Метод критического пути. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_критического\\_пути](http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_критического_пути)
- 7 Ребрин Ю.И.. Основы экономики и управления производством. Сетевое планирование и управление. [http://polbu.ru/rebrin\\_management/ch24\\_all.html](http://polbu.ru/rebrin_management/ch24_all.html)
- 8 Введение в проектный менеджмент. <http://www.hr-portal.ru/article/vvedenie-v-proektnyi-menedzhment>
- 9 Абакумова Н.А., Кокишарова М.В. Сетевое планирование и управление //Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2009. № 9. С. 7-10. [www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html)
- 10 Гусманова Ф.Р. Скиба М.А. Управление качеством образования на уровне факультета вуза// Вестник КазНПУ им.Абая, серия физ-мат науки, №2(42), 2013. С. 164-168.
- 11 Кадыркулова Н.К., Сатыбаев А. Д. Моделирование дистанционного обучения на основе байесовской сети // Проблемы автоматизации и управления, 1(36), 2019, с. 84-89 DOI: 10.5281/zenodo.3253009
- 12 Агальцов В.П. Математические методы в программировании. Учебник - 2 изд. Издательство: Форум, 2021, 240 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1140464>

References:

- 1 Gusmanova F.R. (2011) *Osnovy issledovaniya operacij. [Basics of operations research.]*. – Алматы: TOO RPBK "JepoHa", 472 p. (in Kazach)
- 2 Golovchenko G.V., Rebezova M.I. (2017) *Metod rascheta setevyh grafikov vypolnenija работ, uchityvajushhij nalichie raspolagaemyh resursov [A method for calculating network schedules for the performance of work, taking into account the availability of available resources]* Nauchnyj vestnik MGTU GA. Tom 20, №03. (in Russian)
- 3 Kudrjavcev E.M. (2005) *Microsoft Project. Metody setevogo planirovaniya i upravlenija proektom* M.: DMK Press., 240 p. (in Russian)
- 4 Ivaskenko A.G. (2009) *Upravlenie proektami: uchebnoe posobie [Project Management: Tutorial]*, Vyshee obrazovanie, Rostov n/Donu: Feniks, 330 p. (in Russian)
- 5 Centr Kreativnyh Tehnologij. *Setevoe planirovanie. [Center for Creative Technologies. Network planning]* <http://www.inventech.ru/lib/glossary/netplan/> (in Russian)
- 6 Metod kriticheskogo puti. [Critical Path Method] [http://ru.wikipedia.org/wiki/Metod\\_kriticheskogo\\_puti](http://ru.wikipedia.org/wiki/Metod_kriticheskogo_puti) (in Russian)
- 7 Rebrin Ju.I. *Osnovy jekonomiki i upravlenija proizvodstvom. Setevoe planirovanie i upravlenie [Fundamentals of economics and production management. Network planning and management]* [http://polbu.ru/rebrin\\_management/ch24\\_all.html](http://polbu.ru/rebrin_management/ch24_all.html) (in Russian)
- 8 Vvedenie v proektnyj menedzhment. [Introduction to Project Management ] <http://www.hr-portal.ru/article/vvedenie-v-proektnyi-menedzhment>
- 9 Abakumova N.A., Koksharova M.V. (2009). *Cetevoe planirovanie i upravlenie [Network planning and management]* Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija. Tambov: Gramota № 9. 7-10p [www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html) (in Russian)
- 10 Gusmanova F.R. Skiba M.A. (2013) *Upravlenie kachestvom obrazovanija na urovne fakul'teta vuza [Management of the quality of education at the level of the faculty of the university ]* Vestnik KazNPU im.Abaja, serija fiz-mat nauki, №2(42), 164-168. (in Russian)
- 11 Kadyrkulova N.K., Satybaev A. D. (2019) *Modelirovanie distancionnogo obuchenija na osnove bajesovskoj seti // Problemy avtomatiki i upravlenija [Distance Learning Modeling Based on Bayesian Network]* 1(36), 2019, p. 84-89 DOI: 10.5281/zenodo.3253009 (in Russian)
- 12 Agal'cov V.P. (2021) *Matematicheskie metody v programmirovanii. [Mathematical methods in programming]- 2 izd. Izdatel'stvo: Forum. 240 p. (in Russian)*