Жанузаков Мухит Бауржановичтың 8D06103 – Компьютерлік ғылымдар білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін «Ақпаратты сенімді өңдеу үшін ақауларға төзімді алгоритмдерді зерттеу» тақырыбындағы диссертациясына

АҢДАТПА

Өзектілігі.

Есептеу жүйелерінің күрделілігінің артуы істен шығу тәуекелінің жоғарылауына әкеледі. Қолданыстағы істен шығуға төзімділік алгоритмдері жиі масштабталу мәселелерінен, жоғары есептеу жүктемесінен немесе әртүрлі істен шығу сценарийлеріне шектеулі бейімделуден зардап шегеді. Бұл зерттеу осы шектеулерді еңсеретін және ақпаратты өңдеуге сенімді шешімдерді қамтамасыз ететін алгоритмдерді әзірлеуге және бағалауға бағытталған.

Қазіргі бизнес-ортада цифрландырудың кәсіпорындарға әсері трансформациялаушы фактор болып табылады. Жасанды интеллект, Заттар интернеті және деректерді талдау сияқты цифрлық технологияларды ұйымдардың қызметіне енгізу тиімділіктің, инновацияның және бәсекеге қабілеттіліктің артуына әкеледі. Алайда бұл үдеріс деректердің үйлесімділігі, қауіпсіздік, құпиялылық және цифрлық құзыретті кадрлардың қажеттілігі сияқты қиындықтармен қатар жүреді. Бұл диссертация кейстер мен үрдістерді талдау негізінде компанияларды цифрландырудың стратегиялық компоненттері туралы нақты қорытындылар ұсынуға бағытталған. Осы аспектілерді түсіну цифрлық трансформацияға көшіп жатқан компаниялар үшін және динамикалық бизнес-орта жағдайында ұзақ мерзімді даму мен бәсекеге қабілеттілікті қамтамасыз ету үшін аса маңызды.

Істен шығуға төзімділіктің маңыздылығы жүйелердің істен шығуына байланысты тәуекелдерді азайтуда, жұмыс үздіксіздігін қамтамасыз етуде және аса маңызды деректерді қорғауда жатыр. Масштабталу, өз кезегінде, жүктемелердің артуын өңдеу және кәсіпорындар дамыған сайын оңтайлы өнімділікті сақтау үшін қажет.

Физикалық сервер істен шыққан кезде, онда жұмыс істейтін қосымшалар қолжетімсіз болады. Егер тоқтатылған қосымшалар тез қалпына келтірілмесе, ұйымдар табыс пен беделден айырылады. Осыған байланысты, тоқтап қалу уақытын қысқарту және пайдаланушыларға іс жүзінде үздіксіз қызмет көрсету үшін қосымшаларды төзімділік ескеріле отырып әзірлеу маңызды. Жүйенің істен шығулар немесе қателер болған жағдайда жұмысын жалғастыру қабілеті оның ақауларға төзімділігін анықтайды. Ақауларға төзімділік әдістері қателерді анықтап, жоя отырып, жүйенің істен шығуға дейінгі мінез-құлқына сәйкес жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Осы контексте серверлік қосымшаларға төзімділік механизмдерін енгізу үздіксіз және үйлесімді пайдаланушы тәжірибесін қамтамасыз ету үшін аса маңызды болып табылады. Мұндай жүйелер деректердің үйлесімділігін

қамтамасыз етуі, олардың жоғалуын болдырмауы және аппараттық немесе бағдарламалық ақаулардан кейін қалпына келуі тиіс.

Бұл зерттеудің мақсаты – үлестірілген жүйелерде, әсіресе кәсіпорын серверлерінде, ақаусыз жұмыс кезінде өнімділік шығындарын азайтып, бақылау нүктелерінің оңтайлы интервалын қолдану арқылы жылдам және сенімді rollback-recovery алгоритмдерін қамтамасыз ететін ақауға төзімді ақпарат өңдеу әдістерін әзірлеу және талдау.

Зерттеу міндеттері:

1. Ақауға төзімді алгоритмдерді зерттеу
2. Үлестірілген кәсіпорын жүйелерінде rollback-recovery алгоритмдері үшін бақылау нүктесінің интервалын есептеу алгоритмін модельдеу және әзірлеу
3. Кезек теориясына негізделген бақылау нүктесінің интервалын есептеу алгоритмін жобалау және іске асыру
4. Нақты үлестірілген жүйелерде бақылау нүктесіне негізделген rollback-recovery алгоритмдерін енгізу және тестілеу

Зерттеу әдістері: Ақауға төзімді алгоритмдерді теориялық талдау; кәсіпорынның үлестірілген жүйелерін модельдеу; rollback-recovery алгоритмдерін жобалау және сынау.

Зерттеу пәні: Сенімді ақпарат өңдеуге арналған ақауға төзімді алгоритмдер

Зерттеу нысандары: Үлестірілген жүйелер, кәсіпорын ақпараттық жүйелері

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:

Зерттеудің жаңалығы кері қайтару-қалпына келтіру алгоритмы үшін бақылау нүктелері интервалын есептеуге арналған жаңа және оңтайландырылған шешімдерді әзірлеуде, соның ішінде:

1. Жаппай қызмет көрсету теориясына негізделген кері қайтару-қалпына келтіру алгоритмы үшін бақылау нүктелерінің оңтайлы интервалын алғаш рет іске асыру;
2. Үлестірілген корпоративтік жүйелердегі істен шығуға төзімді кері қайтару-қалпына келтіру алгоритмдерінде бақылау нүктелері интервалын есептеуге арналған модельдік шешім

Қорғауға ұсынылатын тұжырым: Үлестірілген кәсіпорын жүйелерінде ақауға төзімді rollback-recovery алгоритмдері үшін бақылау нүктесінің оңтайлы интервалын есептеуге арналған жаңа модельдер мен алгоритмдерді әзірлеу. Кезек теориясына негізделген бақылау нүктесінің оңтайлы интервалын есептеу алгоритмін әзірлеу және қолдану нәтижесінде жүйенің қолжетімділігі 96.27%-ға дейін жетіп, дәстүрлі алгоритмдермен салыстырғанда жалпы тиімділік шамамен 3–4%-ға артты.

Зерттеудің практикалық маңызы: Зерттеу үлестірілген кәсіпорын жүйелерінде сенімді ақпарат өңдеуге арналған алгоритмдерді әзірлейді. Ол rollback-recovery механизмдерінің теориясын әртүрлі жүктемелер мен ақау деңгейлері жағдайында бақылау нүктесінің оңтайлы интервалын есептеу тәсілдерімен кеңейтеді. Әзірленген алгоритмдер модельдік және нақты

жүйелерде сынақтан өтіп, жұмыстың практикалық маңыздылығын дәлелдейді.

Зерттеудің ғылыми техникалық маңызы: Бұл зерттеудің ғылыми-техникалық маңыздылығы үлестірілген кәсіпорын жүйелерінің сенімділігі мен тиімділігін арттыратын жетілдірілген ақауға төзімді алгоритмдерді әзірлеуде жатыр. Зерттеу кезек теориясына негізделген бақылау нүктесінің оңтайлы интервалын есептеудің жаңа тәсілін ұсынады, бұл жүйе өнімділігі мен қалпына келу жылдамдығы арасындағы тепе-теңдікті жақсартады. Сонымен қатар жүктеме мен ақау жиілігі сияқты динамикалық параметрлерді енгізу арқылы теориялық модельдерді кеңейтеді. Техникалық тұрғыдан ұсынылған алгоритмдер есептеу шығындарын азайтып, ақаулар кезінде жылдам қалпына келуді қамтамасыз етеді. Іске асырылған шешімдер жоғары қолжетімділікті (96.27%-ға дейін) және тиімділіктің артуын көрсетеді. Жалпы алғанда, зерттеу тұрақты және масштабталатын цифрлық инфрақұрылымдарды құруға арналған теориялық және практикалық құралдарды ұсынады.

Ғылыми нәтижелердің сенімділігі:

Диссертацияда алынған ғылыми нәтижелердің сенімділігі үлестірілген кәсіпорын жүйелеріндегі ақауға төзімді ақпарат өңдеуді зерттеуде теориялық, аналитикалық және эксперименттік тәсілдердің үйлесімі арқылы қамтамасыз етіледі. Зерттеу ақауға төзімділік, rollback-recovery механизмдері және кезек теориясының негізделген қағидаттарына сүйенеді. Екі түрлі алгоритм – эмпирикалық модельге негізделген және кезек теориясына негізделген оңтайлы тәсіл – әзірленіп, салыстырмалы талдау жүргізілді. Эксперименттер виртуалды және физикалық орталарда жүргізіліп, нәтижелердің қайталануы мен шынайылығын қамтамасыз етті.

Нәтижелердің тұрақтылығы мен дұрыстығы өткізу қабілеті, қызмет көрсету уақыты, жүйе қолжетімділігі және жалпы тиімділік сияқты көрсеткіштер арқылы дәлелденді. Талдау нәтижелері әртүрлі жүктемелер мен ақаулар жағдайында алгоритмдердің тұрақты жұмысын көрсетті. Әсіресе кезек теориясына негізделген алгоритм жоғары нәтижелер көрсетті (қолжетімділік 96.27%-ға дейін, тиімділік 66.84%-ға дейін).

Ұсынылған алгоритмдерді нақты кәсіпорын жүйелерінде қолдану олардың тиімділігі мен қолданбалы маңызын дәлелдейді. Әдістер жылдам қалпына келуді, қайта есептеу шығындарын азайтуды және қызметтің үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар AI және Big Data элементтерін қолдану зерттеудің сенімділігін арттырады.

Тақырыптың ғылыми-зерттеу бағдарламаларымен байланысы:

Диссертация AP09259208 «Big Data технологияларын қолдану арқылы кәсіпорындарды цифрландыруға арналған масштабталатын ақауға төзімді ақпараттық жүйені әзірлеу» жобасы аясында орындалды (0121RK00369).

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен мазмұны:

Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады. Жалпы көлемі 99 бет, оның ішінде 43 сурет, 23 кесте және 40 формула бар. Әдебиеттер тізімі 101 дереккөзден тұрады.

Кіріспеде жұмыстың өзектілігі, мақсаттары, міндеттері, ғылыми жаңалығы мен әдістері сипатталған.

Бірінші бөлімде ғылыми әдебиеттерге шолу және алгоритмдер талдауы берілген.

Екінші бөлімде бақылау нүктесінің интервалын есептеу алгоритмдері қарастырылған.

Үшінші бөлімде алгоритмдерді енгізу және тестілеу нәтижелері көрсетілген.

Қорытындыда негізгі нәтижелер келтірілген.

Зерттеу нәтижелері бойынша жарияланымдар.

The results of the study were discussed at scientific seminars at the Department of Computer Sciences of Al-Farabi kaznu, as well as at seminars with the participation of a foreign supervisor, and reported at the following international conferences:

Зерттеу нәтижелері әл-Фараби атындағы ҚазҰУ компьютерлік ғылымдар кафедрасында ғылыми семинарларда, сонымен қатар, шетелдік жетекші қатысуымен семинарларда талқыланды, және келесі халықаралық конференцияларда баяндалды:

1. Balakayeva G., Zhanuzakov M., Darkenbayev D. Comparative analysis of fault tolerance algorithms for fault handling during digitalization of enterprises // Lecture Notes in Networks and Systems. – London: Springer, 2026.

2. Balakayeva G., Nurlybayeva K., Zhanuzakov M. Development of software complex for digitalization of enterprise activities // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2023. – Vol. 17, No. 12. – P. 315–318.

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетімен ұсынылған басылымда жарияланған мақалалар:

1. Zhanuzakov M., Balakayeva G., Ezhilchelvan P. Model based solution for computing checkpointing interval for fault-tolerant rollback-recovery in enterprise servers // Journal of Problems in Computer Science and Information Technologies. – 2025. – Vol. 3, No. 1. – P. 25–33. – DOI: 10.26577/jpcsit20253103.

2. Zhanuzakov M., Balakayeva G. A comparative study of load-balancing algorithms for reliability of enterprise information systems // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and Mathematical Sciences. – 2024. – Vol. 87, No. 3. – P. 146–153. – DOI: 10.51889/2959-5894.2024.87.3.012.

3. Zhanuzakov M., Balakayeva G. Prediction of employee promotion based on ratings using machine-learning algorithms // Bulletin. Series Physical and Mathematical Sciences. – 2022. – DOI: 10.51889/2022-1.1728-7901.14.

Скопус базасында индекстелінетін журналдардағы ғылыми мақалалар:

1. Balakayeva G., Zhanuzakov M., Kalmenova G. Development of a digital employee rating evaluation system (DERES) based on machine learning algorithms and 360-degree method // Journal of Intelligent Systems. – 2023. – Vol. 32, No. 1. – Art. 20230008. – DOI: 10.1515/jisys-2023-0008.

2. Balakayeva G., Zhanuzakov M., Zhapbasbayev U., Nurlybayeva K. An intelligent enterprise system with processing and verification of business

documents using big data and AI // Journal of Intelligent Systems. – 2025. – Vol. 34, No. 1. – Art. 20240446. – DOI: 10.1515/jisys-2024-0446.

3. Balakayeva G., Darkenbayev D., Zhanuzakov M. Development of a software system for predicting employee ratings // Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – P. 121–124. – DOI: 10.35784/iapgos.3723.