

УДК 004.942:681.323

МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У ПІДРОЗДІЛАХ ПІДПРИЄМСТВ**І. В. Шевченко, О.О. Скриль, Я. Р. Захарченко, Ю. М. Самойленко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ius.shevchenko@gmail.com

Для оперативного моніторингу бізнес-ситуацій розроблено математичну модель процесу функціонування підрозділу із застосуванням автоматного опису станів і процесів. Модель дозволяє відображати поточний стан бізнес-процесу і може використовуватись як математична основа комп'ютерної імітаційної моделі реального часу, яка дозволяє відстежувати режими роботи усіх автоматизованих робочих місць, що задіяні у бізнес-процесах підрозділу. Розроблено обчислювальні моделі розв'язання задачі визначення продуктивного та непродуктивного часу за кожним документом, за кожним робочим місцем і за кожним бізнес-процесом. Розроблено багаторівневу структурну модель і методику нечіткої інтерпретації оцінок швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій. Розроблено програмне забезпечення, яке на основі запропонованих моделей реалізує функції сканування журналів транзакцій баз даних, формування файлу історії бізнес-процесів, діалог з адміністратором, обчислення часових витрат на обробку документів, обчислення числових і лінгвістичних оцінок ритмічності роботи підрозділу.

Ключові слова: моніторинг, моделі функціонування робочих місць, моделі руху документів, оцінки часових витрат, нечіткі оцінки ритмічності роботи підрозділу.

**МОДЕЛИ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ****И. В. Шевченко, А.А. Скрыль, Я. Р. Захарченко, Ю. Н. Самойленко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ius.shevchenko@gmail.com

Для оперативного мониторинга бизнес-ситуаций разработана математическая модель процесса функционирования подразделения с применением автоматного описания состояний и процессов. Модель позволяет отображать текущее состояние бизнес-процесса и может использоваться как математическая основа компьютерной имитационной модели реального времени, позволяющей отслеживать режимы работы всех автоматизированных рабочих мест, задействованных в бизнес-процессах подразделения. Разработаны вычислительные модели решения задачи определения продуктивного и непродуктивного времени по каждому документу, по каждому рабочему месту и по каждому бизнес-процессу. Разработана многоуровневая структурная модель и методика нечеткой интерпретации оценок скорости и ритмичности выполнения бизнес-операций. Разработано программное обеспечение, которое на основе предложенных моделей реализует функции сканирования журналов транзакций баз данных, формирование файла истории бизнес-процессов, диалог с администратором, вычисления временных потерь на обработку документов, вычисления числовых и лингвистических оценок ритмичности работы подразделения.

Ключевые слова: мониторинг, модели функционирования рабочих мест, модели движения документов, оценки временных затрат, нечеткие оценки ритмичности работы подразделения.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Використання систем електронного документообігу дозволяє значно підвищити продуктивність праці діловодного персоналу, скорочує час, що витрачається на реалізацію бізнес-операцій (БО). На більшості підприємств існує сформована система документообігу. Багато в чому підвищення продуктивності офісних підрозділів залежить від особливостей документообігу на підприємстві, але не можна виключати і людський фактор. Особливості роботи співробітників із системою електронного документообігу свідчать, що можуть виникати певні проблеми або затримки, які також необхідно відстежувати, враховувати й аналізувати [1].

Отже, підвищення ефективності роботи управлінських підрозділів неможливе без оперативного аналізу особливостей документообігу кожного підрозділу підприємства і подій в самій системі в процесі її використання.

Низька ефективність системи електронного до-

кументообігу заважає розвитку підприємства, так як вчасно не отримана інформація або документ часто веде до втрати часу, грошей або нових можливостей.

На більшості підприємств у даний час відсутня єдина інформаційна підсистема, яка могла б стати основою системи оперативного моніторингу бізнес-процесів (БП) в управлінських підрозділах. Однак тільки за наявності актуальної та достовірної інформації про стан кожного бізнес-процесу, про динаміку документообігу можна сподіватися на підвищення ефективності роботи підрозділів.

Тому для вибору оптимальних регулюючих впливів на хід бізнес-процесів необхідно мати адекватні математичні моделі процесу функціонування підрозділів, модель вирішення задачі визначення непродуктивного часу в окремих точках бізнес-процесів, модель інтерпретації результатів моніторингу для прийняття рішень з оперативного управління бізнес-процесами. Таким чином, розробка ефективних моделей моніторингу бізнес-процесів в

підрозділах і інтерпретації його результатів є актуальним завданням, а його вирішення може істотно підвищити стабільність роботи підприємства в цілому і дати очікуваний економічний ефект.

Аналіз проблем електронного документообігу. Системи документообігу зазвичай впроваджуються, щоб вирішувати певні задачі, які стоять перед підприємством [1]:

- забезпечення більш ефективного управління за рахунок автоматичного контролю виконання, прозорості діяльності всієї організації на всіх рівнях;

- підтримка ефективного накопичення, керування і доступу до інформації та знань;

- виключення паперових документів з внутрішнього обороту підприємства;

- виключення необхідності чи істотне спрощення і здешевлення зберігання паперових документів за рахунок наявності оперативного електронного архіву;

- економія ресурсів за рахунок скорочення витрат на управління потоками документів в організації;

- підтримка системи контролю якості, що відповідає міжнародним нормам;

- забезпечення кадрової гнучкості за рахунок більшої формалізації діяльності кожного співробітника і можливості збереження всієї передісторії його діяльності;

- протоколювання діяльності підприємства в цілому (внутрішні службові розслідування, аналіз діяльності підрозділів, виявлення «гарячих точок» в діяльності);

- оптимізація бізнес-процесів і автоматизація механізму їхнього виконання і контролю.

В основі будь-якої системи електронного документообігу лежить документ. Але за кожним документом ховаються потоки процесів і, найголовніше, люди, які здійснюють ці процеси. Документ, як правило, проходить через кілька персон. Якщо в послідовності переходів документа є відповідальна особа, яка не виправдано довго затримує документи, система дозволить це виявити і на підставі цих даних прийняти адміністративні заходи. Для аналізу можна виділити наступні можливі проблеми:

- затримки в погодженні та реєстрації документів;

- помилки в змісті документів, що веде до їх скасування;

- завантаженість системи при наявності сезонно створюваних документів;

- неправильний розподіл навантаження на персонал.

Для наочного відображення описаних проблем у діловодстві, пов'язаних із людським фактором, і для моніторингу робіт в електронному документообігу необхідно виділити зрізи оперативних даних і на їх підставі розробити деяке звітне уявлення.

При додаванні нових документів або зміні по-

рядку документообігу може виникнути необхідність в нових звітних даних, тому можуть бути поставлені завдання по дослідженню і виділенню шаблонного, найбільш характерного подання звітів по процесам документообігу і створення універсального інтерфейсу для роботи з ними [2–4].

Аналіз існуючих методів контролю документообігу. Зазвичай документ проходить через кілька осіб, і затримка його в однієї з персон тягне до простою всього процесу документообігу для даного документа або для всієї системи в цілому.

У процесі контролю документообігу прагнуть отримувати набори даних, що дозволяють стежити за змінами кількості документів, проводити аналіз затримок, отримувати інформацію про хід виконання робіт з документообігу [4]. Нижче приведені основні набори контрольних даних.

1. *Статистика шляху документів.* Розраховується середній час знаходження документа на кожній ділянці його шляху. Ця інформація потрібна для визначення затримок у документообігу. Оцінюється середній час, витрачений на проведення документа, що є корисним при плануванні співробітником часу початку роботи над документом.

2. *Затримки в документообігу.* Звіт містить інформацію про співробітників, у яких відбуваються найбільші затримки в документообігу і за якими документами. На підставі цих даних перерозподіляється навантаження на конкретну персону або змінюється шлях деяких документів. Дані використовуються для оптимізації і мінімізації часу проходження документів.

3. *Кількісна статистика по документам за період часу.* Інформація про кількість створених, зареєстрованих і скасованих документів за період часу – рік, місяць або семестр. На підставі даних визначаються сезонні документи, і оптимально розподіляється обробка документів по місяцях.

4. *Статистика витраченого часу на різні документи.* Для обраної персони розраховується процентне співвідношення часу, витраченого на кожен тип документа.

Звіт на основі таких наборів даних дозволяє здійснювати контроль бізнес-процесів документообігу, що робить позитивний вплив на адміністративну дисципліну організації.

Недоліком такого підходу є відсутність оперативного щоденного контролю проходження документів і виконання бізнес-операцій. Це знижує ефективність управління підрозділами.

У багатьох сучасних системах документообігу використовуються спеціальні позначки виконання бізнес-операцій включаючи і обробку документів [5; 6]. Однак в існуючих системах і додатках відсутній систематичний поетапний моніторинг бізнес-операцій і документообігу, що не дає можливості оперативно реагувати на виникаючі затримки і колізії.

Проблему підвищення ефективності робочого ча-

су, ритмічності виконання бізнес-операцій і обробки відповідних документів можна вирішити шляхом розробки та реалізації методів оперативного управління виробництвом, адаптованих до умов бізнес-підрозділів. Це перш за все спостереження (активний моніторинг і система попереджень) за реалізацією бізнес-операцій, – процес, заснований на використанні адекватних інформаційних технологій збору, зберігання і детального аналізу оперативних даних.

Метою роботи є підвищення ефективності аналізу швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій у системах електронного документообігу шляхом розробки моделей та алгоритмів оперативного моніторингу бізнес-операцій у підрозділах підприємств.

Досягнення поставленої мети забезпечується вирішенням наступних задач:

1. Розробка моделей оперативного моніторингу бізнес-процесів.

2. Розробка структурної моделі та методики нечіткої інтерпретації оцінок швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій.

3. Розробка експериментального програмного засобу для перевірки працездатності запропонованих моделей.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Математичне моделювання бізнес-процесів підрозділу з метою моніторингу бізнес-операцій має забезпечувати:

– контроль поточного стану всіх автоматизованих робочих місць (АРМ);

– контроль поточного стану всіх запущених задач і задач що очікують виконання;

– відлік часу і контроль виконання по кожній запущеній задачі;

– підрахунок реальних витрат і втрат часу за кожним документом;

– підрахунок реальних витрат і втрат часу по кожному АРМ;

– підрахунок реальних витрат і втрат часу по кожному бізнес-процесу;

– лінгвістичну інтерпретацію оцінок вказаних вище параметрів.

Розробка моделі функціонування підрозділу. Структурну модель, що відображає сутності проблемної області та їх взаємозв'язок представимо у вигляді:

$$P = \langle A, B, D(D1, D2, D3), R1, R2, R3 \rangle, \quad (1)$$

де A – множина АРМ; B – множина БП; D – множина документів, яка розподілена на підмножини: $D1$ – множина документів, що знаходяться у чергах на обробку, $D2$ – множина документів, які на даний час обробляються; $D3$ – множина документів, обробку яких закінчено, $R1 \subseteq A \times B$ – відображення множини АРМ на множину БП; $R2 \subseteq D \times A$ – відображення множини документів на множину АРМ; $R3 \subseteq D \times B$ – відображення множини документів на множину БП.

Математичну модель процесу функціонування

підрозділу представимо у наступному вигляді:

$$M_{\delta} = \langle X, S, T, Y, \varphi, \eta \rangle, \quad (2)$$

де X – множина вхідних даних; S – простір станів; T – множина моментів часу; Y – множина вихідних величин; $\varphi: S \times T \rightarrow S$ – перехідна функція стану; $\eta: S \times T \rightarrow Y$ – вихідне відображення, що визначає динаміку вихідних даних.

Вхідними величинами для моделі процесу функціонування підрозділу є вихідні дані моделей процесів функціонування окремих вузлів мережі АРМ, а саме:

– процесу функціонування АРМ:

$$X^A = \{V^A, S^A, Y^A, P^A\}; \quad (3)$$

– динаміки зміни станів документів:

$$X^D = \{V^D, S^D, P^D\}, \quad (4)$$

де $A = \{a_n\}$ – множина вузлів (АРМ); $V^A = \{v_n^A\}$ – множина вхідних сигналів, що визначаються зміною станів АРМ; $S^A = \{s_n^A\}$ – множина станів АРМ; Y^A – множина виходів моделі АРМ; $P^A = f(S^A, V^A)$ –

функція переходів моделі АРМ; V^D – множина вхідних сигналів, що визначаються динамікою зміни станів сховища документів; $S^D = \{s^D\}$ – множина станів документів; $P^D = f(S^D, V^D)$ – функція переходів для моделі динаміки станів документів.

Множину вхідних сигналів автоматної моделі функціонування підрозділу представимо наступними виразами:

множина вхідних сигналів щодо функціонування АРМ:

$$V^A = \{v_{зокjn}^A, v_{нкjn}^A, v_n^A\}; \quad (5)$$

множина вхідних сигналів щодо динаміки зміни станів документів:

$$V^D = \{v_{ндсkjн}^D, v_{отрkjн}^D\}; \quad (6)$$

де $v_{зокjn}^A$ – закінчення обробки k -го документу j -го БП на n -му АРМ; $v_{нкjn}^A$ – надходження k -го документу j -го БП на обробку на n -му АРМ; v_n^A – вихід із ладу n -го АРМ; $v_{ндсkjн}^D$ – надходження документа у сховище; $v_{отрkjн}^D$ – отримання копії документа на обробку зі сховища.

Оскільки зазначені події (за винятком виходу з ладу) відбуваються циклічно, в кожен момент часу істинним може бути тільки один вхідний сигнал. Сигнал несправності АРМ повинен відігравати роль заборони і виводить даний екземпляр автомата зі списку діючих.

Простір станів моделі підрозділу представимо короткем:

$$S = \langle S^A, S^D \rangle, \quad (7)$$

де $S^A = \{s_n^A\}$ – множина станів АРМ;
 $P_{D(t)} = ("HD", q_{\text{чо}}^D(t), t_{\text{кј}}^D)$ – множина станів документів.

Множину станів АРМ та станів документів наведено у вигляді наборів:

$$S^A = (s_n^A, d_{\text{кј}}^n, q_{\text{ч}}^n, t_{\text{кјп}}^n, t_{\text{кјз}}^n, t_{\text{фвл}}^n), \quad (8)$$

$$S^D = (s_k^D, q_{\text{чо}}^D, t_{\text{кј}}^D) \quad (9)$$

де s_n^A – змінна, що характеризує стан n -го АРМ, з наступними допустимими значеннями: «ПР» – простій, «ОД» – обробка документа (задача), «Н» – несправний; $d_{\text{кј}}^n$ – k -й документ j -го БП, що обробляється на n -му АРМ; $q_{\text{ч}}^n$ – кількість документів у черзі до n -го АРМ; $t_{\text{кјп}}^n, t_{\text{ікс}}^n, t_{\text{фвл}}^n$ – час початку, закінчення обробки документу на n -му АРМ час фіксації виходу з ладу; $q_{\text{чо}}^D$ – кількість документів, які чекають обробки, $t_{\text{кј}}^D$ – час затримки k -го документу j -го БП. s_k^D – приймає такі значення: «ЧО» – чекає обробки; «ОБ» – обробляється; «ОЗ» – обробку закінчено.

Множину вихідних сигналів автоматної моделі функціонування АРМ запишемо:

$$Y^A = \{q_{\text{обр}}^n, t_{\text{пр}}^n\}, \quad (10)$$

де $q_{\text{обр}}^n$ – кількість оброблених документів на n -му АРМ; $t_{\text{пр}}^n$ – час простою АРМ.

Визначимо далі функцію переходів $P^n = f(S^n, V^n)$ автоматної моделі функціонування АРМ, як набір перетворень, кожне з яких визначає зміну стану моделі АРМ після певної події.

Структуру функції переходів визначено наступним чином:

$$P_n(t) = ("S_n", d_{\text{кј}}^n(t), q_{\text{ч}}^n(t-1), t_{\text{кјп}}^n, t_{\text{ікс}}^n, t_{\text{фвл}}^n). \quad (11)$$

Незначущі в даному стані вхідні змінні позначимо через «0».

Для різних станів функція переходів приймає такий вигляд:

– після простою, при надходженні нового документу ($v_{\text{нкјп}}^A = 1$) АРМ має переходити до обробки документу («ОД») і стан екземпляру моделі з індексом n зміниться наступним чином:

$$P_n(t) = ("OD", d_{\text{кј}}^n(t), q_{\text{оч}}^n(t-1), t_{\text{кјп}}^n, 0, 0); \quad (12)$$

– після того, як АРМ обробило заявку ($v_{\text{зокјп}}^A = 1$) і простоє в очікуванні надходження нового документа, стан АРМ змінюється наступним чином:

$$P_n(t) = ("PP", d_{\text{кј}}^n(t-1), q_{\text{ч}}^n(t), 0, (t-1)_{\text{ікс}}^n, 0); \quad (13)$$

– після того, як було виявлено несправність n -го

АРМ ($v_{\text{ін}}^A = 1$), його стан змінюється на такий:

$$P_n(t) = ("H", d_{\text{кј}}^n(t-1), q_{\text{ч}}^n(t-1), 0, 0, t_{\text{фвл}}^n). \quad (14)$$

Таким чином, сукупність виразів (11)–(14) визначає функцію переходів автоматної моделі для АРМ.

Аналогічно визначимо функцію переходів P^D моделі документу:

– після того, як було закінчено обробку документа на n -му АРМ, документ надходить до сховища ($v_{\text{ндскјп}}^D = 1$), і його стан змінюється на такий:

$$P_D(t) = ("OZ", q_{\text{чо}}^D(t), t_{\text{кј}}^D); \quad (15)$$

– після того, як документ надходить на обробку ($v_{\text{отркјп}}^D = 1$), стан документу змінюється на такий:

$$P_D(t) = ("OB", q_{\text{чо}}^D(t-1), t_{\text{кј}}^D(t-1)). \quad (16)$$

Якщо документ чекає на обробку, його стан є таким:

$$P_D(t) = ("CO", q_{\text{чо}}^D(t), t_{\text{кј}}^D). \quad (17)$$

Таким чином, вирази (2)–(17) є динамічною моделлю функціонування підрозділу під час реалізації БП. Ця модель повинна відстежувати у реальному часі бізнес-операції підрозділу з метою накопичення результатів, які будуть оброблені та проаналізовані задля визначення параметрів і виробничих характеристик підрозділу та окремих робочих місць. У динамічній таблиці оперативних даних за АРМ кожний запис відповідає одному екземпляру АРМ. Відповідно, у таблиці даних про документи кожний запис створюється для окремого документу.

Розробка моделі задачі визначення непродуктивного часу підрозділу. Для ефективного функціонування підрозділу необхідно дотримуватись певної ритмічності протікання БО, що входять до бізнес-процесів. Основною причиною порушення ритмічності і, як наслідок, затримання виконання БО є збільшення тривалості часу виконання задач на робочих місцях. Проведений аналіз структури непродуктивного часу для підрозділів показав, що найбільш істотними складовими втрат часу є час, витрачений на виконання робіт, які не належать до розглянутого БП і час простоїв АРМ через непередбачені ситуації у підрозділах.

Спіраючись на вищенаведені міркування, запропоновано математичну модель розв'язання задачі визначення непродуктивного часу підрозділу, де послідовно з'єднані набори АРМ реалізують декілька бізнес-процесів.

Для визначення непродуктивного часу у всіх потрібних аспектах необхідна формальна модель, до

якої входять наступні елементи:

$$LT = \langle M_{AB}, M_{DA}, M_{DB}, MLT_{DA}, MLT_{AB}, MLT_B, MRTC, LKPT \rangle, \quad (18)$$

де M_{AB} – матриця розподілу АРМ по БП (відображення $R1$ у виразі (1)); M_{DA} матриця розподілу документів по АРМ (відображення $R2$ у виразі (1)); M_{DB} – матриця розподілу документів по БП (відображення $R3$ у виразі (1)); MLT_{DA} – матриця фіксації часових затримок за кожним документом на кожному АРМ; MLT_{AB} – матриця фіксації часових затримок по кожному АРМ у кожному БП; MLT_B – матриця максимально допустимих на даний момент затримок у кожному БП; $MRTC$ – матриця реальних сумарних витрат часу на обробку документів по кожному БП; $LKPT$ – процедури обчислення реальних витрат часу і затримок.

Введемо індексацію у матрицях, аналогічну до тієї, що застосувалася вище: $MLT_{AB}[n,j]$, $MLT_{DA}[k,n]$, $MRTC[k,j]$.

Процедури $LKPT$ реалізують наступні обчислення:

1. Витрати часу при обробці кожного документа підсумовуються на підставі даних, що зафіксовані за допомогою модельних змінних t_{kjp}^n , t_{ikz}^n – часи початку та закінчення обробки k -го документу j -го БП на n -му АРМ і зводяться в матрицю $MRTC$.

2. У матриці $MRTC$ визначається максимальний час обробки документа для наступного аналізу.

3. Для обчислення сумарних непродуктивних затримок по кожному k -му документу при проходженні через усі відповідні АРМ необхідно в матриці $MLT_{DA}[k, n]$ обчислити у кожному рядку суми:

$$LT_{DA}^k = \sum_{n=1}^N MLT_{DA}(k, n). \quad (19)$$

3. Максимальна затримка документу протягом планового часу на окремому АРМ визначається пошуком максимального значення в матриці MLT_{DA} .

4. Сумарну затримку всіх оброблених документів на всіх АРМ отримаємо відповідно до виразу:

$$LT_{DA} = \sum_{k=1}^K LT_{DA}(k, n). \quad (20)$$

5. Максимальна сумарна затримка за списком АРМ визначається шляхом шукання максимального значення в матриці MLT_{AB} .

6. Для обчислення сумарних затримок АРМ в j -му БП (сумарних утрат робочого часу за зміну по кожному БП) необхідно обчислити суми за стовпцями в матриці $MLT_{AB}[n,j]$:

$$LT_{AB}^j = \sum_{n=1}^N MLT_{AB}(n, j),$$

(21)

7. Фактичні витрати часу по кожному БП обчислюються за даними матриці $MRTC$ і зводяться в окрему таблицю бази даних.

8. Корисне використання робочого часу за кожним БП визначається виразом:

$$X_{i_{факт}}^j = \frac{X_{пл}^j \cdot (\Phi^j - LT_{AB}^j)}{\Phi}, \quad (22)$$

де $X_{пл}^j$ – плановий показник витрат за даним БП; Φ – фактичні витрати за даним БП.

Розробка структурної моделі та методики нечіткої інтерпретації оцінок швидкості та ритмічності виконання бізнес-операцій. Числові значення параметрів, що характеризують ефективність (своєчасність) виконання БП можуть об'єктивно відображати якість роботи підрозділу за минулий з початку дня період, і за необхідності їх легко інтерпретувати в системі нечітких лінгвістичних оцінок. Останнє зумовлено наступними причинами:

1. Побудова підсистеми оцінки якості функціонування підрозділу з можливістю пошуку причини незадовільної якості є, по суті, діагностичною проблемою, що відрізняється великою кількістю використуваних первинних параметрів.

2. Менеджер верхньої ланки в багатьох випадках не здатний безпосередньо оцінити ситуацію за чисельними значеннями того чи іншого показника.

3. У своїх судженнях керівник часто не категоричний, схильний до використання нерізких, нечітко визначених понять.

Беручи до уваги все сказане вище, очевидно, що найбільш доцільним апаратом для інтерпретації результатів моніторингу роботи АРМ у підрозділі є апарат теорії нечітких множин [10, 11].

Діагностику причин незадовільного рівня оцінок якості функціонування і порушення ритмічності роботи підрозділу також зручно здійснювати, якщо дерево лінгвістичних оцінок побудовано як послідовна згортка оцінок попередніх рівнів. У такому випадку може бути побудована процедура обчислення лінгвістичних оцінок із фіксацією проміжних результатів для подальшого використання їх з метою діагностики.

З огляду на вищесказане, визначаємо структуру дерева лінгвістичних оцінок (рис. 1):

$$\begin{aligned} LTd &= f_1(Td), \\ LTa &= f_2(Ta), \end{aligned} \quad (23)$$

$$\left(\begin{array}{l} F(MTa) \times F(MTd) \times \\ \times LTd(Td) \times LTa(Ta) \end{array} \right) \rightarrow Y$$

де Y – інтегральна лінгвістична оцінка ритмічності роботи підрозділу; Td – сумарні затримки по кожному документу протягом минулої частини робочого дня; Ta – сумарні затримки по кожному АРМ протя-

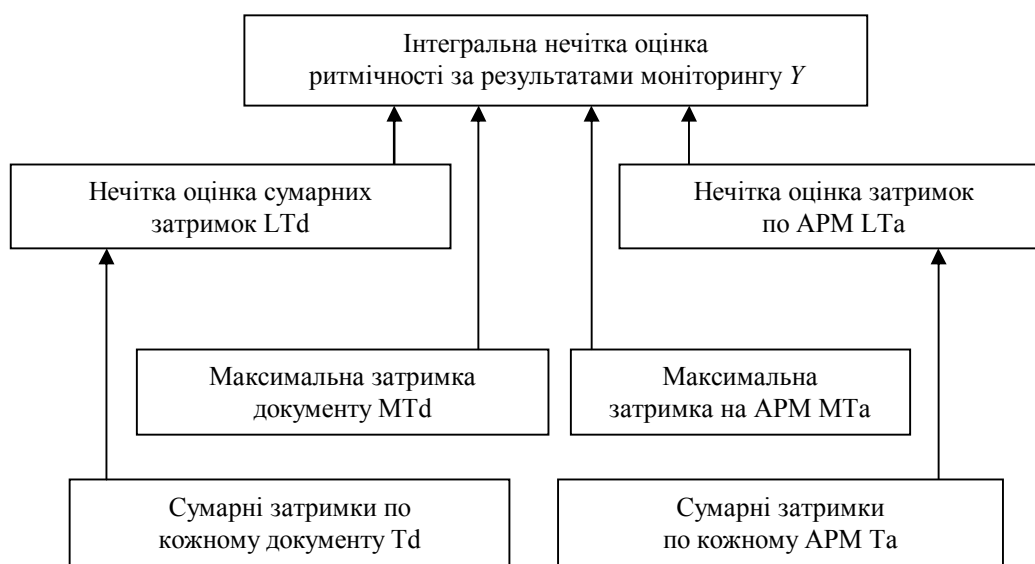


Рисунок 1 – Дерево оцінок ритмічності функціонування підрозділу за результатами моніторингу

гом минулої частини робочого дня; *MTd* – максимальна затримка документу; *MTa* – максимальна затримка на АРМ; *LTd* – нечітка оцінка сумарних затримок по документам; *LTa* – нечітка оцінка сумарних затримок по АРМ.

Доцільно всі параметри, які піддаються моніторингу і контролю перед нечіткою інтерпретацією, нормувати до діапазону $[0,1]$. Це забезпечує простоту побудови нечітких шкал й уніфікацію обчислювальних процедур.

Перейдемо до розгляду процедур обчислення не-

Застосовуючи формалізм теорії нечітких множин метод інтерпретації можна описати таким чином:

1. Для кожної вхідної змінної уточнюється діапазон допустимих значень

$$X_i = [x_i^-, x_i^+] \quad (24)$$

2. Кожна змінна отримує лінгвістичну інтерпретацію і діапазон її зміни розбивається на нечіткі інтервали, позначені термами:

терм-множина змінної X_i :

$$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}\} \quad , \quad i = \overline{1, n} \quad (25)$$

терм-множина змінної Y :

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} \quad , \quad (26)$$

де a_i^p – p -й лінгвістичний терм змінної x_i ; $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$; d_j – j -й лінгвістичний терм змінної y ; m – кількість різних рішень у даній області.

Потужності терм-множин A_i , у загальному випадку можуть бути різні, тобто $l_1 \neq l_2 \neq \dots \neq l_m$.

3. Кожен нечіткий інтервал забезпечується фун-

чітких лінгвістичних оцінок. Числові оцінки, на підставі яких формуються лінгвістичні оцінки, є рядом величин $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$, так що довільному параметру x_i ставиться у відповідність числова змінна x_i , що пробігає значення в деякому інтервалі $[a_i, b_i]$.

Тим самим, ситуація описується вектором значень $X = (x_1, \dots, x_n)$.

Задача полягає в тому, щоб на підставі наявного вектора X віднести об'єкт до одного з виділених класів, заданих на лінгвістичній шкалою оцінок.

кцією приналежності. Тоді нечіткі множини a_i^p і d_j визначимо як

$$a_i^p = \sum_{k=1}^{q_i} \mu^{a_i^p}(x_i^k) / x_i^k \quad (27)$$

$$d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu^{d_j}(y^r) / y^r \quad (28)$$

де $\mu^{a_i^p}(x_i^k)$ – міра приналежності елементу $x_i^k \in X_i$,

терму $a_i^p \in A_i, p = \overline{1, l_i}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, q_i}; \mu^{d_j}(y^r)$ –

міра приналежності елементу $y^r \in Y$ терму-рішенню $d_j \in D, j = \overline{1, m}$;

4. Отримані чіткі числові значення параметрів швидкості та ритмічності групуються у вигляді набору: $(X_l), l = \overline{1, M}$, де $X^l = (x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l)$.

5. Для кожного окремого набору обчислюються

значення функцій приналежності $\mu^{a_i^p}(x_i^l)$ вектору X^l для всіх нечітких інтервалів, на які розбитий діапазон допустимих значень (фазифікація).

6. На основі бази знань інтерпретатора формується зміст робочої матриці логічного виведення, в яку заносяться результати фазифікації.

6. Для кожного правила із БЗ обчислюється ступінь істинності відомим методом [11].

7. Відшукується правило, для якого ступінь істинності $\mu^d_j(y^r)$ має максимальне значення. Відповідна лінгвістична оцінка виводиться користувачеві.

Розроблені моделі реалізовано в експериментальній програмі.

Тестування показало, що запропоновані моделі є дійсно працездатними, а програма може бути використана як прототип для подальших розробок інструментальних засобів моніторингу бізнес-процесів у підрозділах підприємств і організацій.

Розроблено інтерфейс користувача, на якому доступна оперативна інформація щодо використання робочого часу на кожному АРМ, результати моніторингу процесів на кожному АРМ, часові витрати на обробку документів, загальні оцінки часових витрат і лінгвістичні оцінки роботи підрозділу.

Працездатність програми підтверджено в умовах муніципального лікувального закладу для моніторингу бізнес-процесів підрозділу «Склад». Робоча версія програми є складовою частиною інформаційної системи, яку впроваджено у зазначеному закладі.

ВИСНОВКИ. Розроблено комплекс моделей, що відображають статичні та динамічні властивості набору автоматизованих робочих місць шляхом автоматного опису їх функціонування, що дає можливість моніторингу бізнес-процесів підрозділу у реальному часі.

Удосконалено структурну модель інтерпретації оцінок параметрів швидкості та ритмічності роботи автоматизованих робочих місць за рахунок застосування ієрархічної системи оцінок, що дає змогу отримати системне уявлення щодо оперативної ситуації в підрозділі.

Запропоновані моделі реалізовано у вигляді експериментального програмного продукту. Тестування показало, що моделі є дійсно працездатними, а програма може бути використана як прототип для подальших розробок інструментальних засобів моніторингу бізнес-процесів у підрозділах підприємств і організацій.

MODELS OF OPERATIONAL MONITORING OF BUSINESS PROCESSES IN THE DIVISIONS OF THE ENTERPRISE

I. Shevchenko, A. Skryl, Y. Zaharchenko, J. Samoylenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: mainhousepost@hotmail.com

Purpose. A package of mathematical models representing a process of division functioning has been developed for real-time monitoring of business cases. The models enable displaying the current state of the business process, and can be used as the mathematical basis for computer simulation of a real-time model, which makes possible keeping track of operating modes of all automatic workstations involved in the division's business processes. **Results.** The models describing workstations function and documents travel are based on automatic description of the states and processes. The developed computational models calculate productive and non-productive time for each document, each work-

ЛІТЕРАТУРА

1. Меняев М. Ф. Информационные системы и технологии управления организацией : учебное пособие [Текст] / Меняев М. Ф. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 87 с.
2. Еремин Л. Информационные технологии в системах организационно-экономического управления: перспективы развития и применение / Л. Еремин // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – № 5. – С. 64–78.
3. Дроздов А. Использование средств описания процессов при внедрении корпоративных информационных систем / А. Дроздов, А. Коптелов // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – № 10. – С. 54–70.
4. Кипенко А. А. Аналитика системы электронного документооборота / А. А. Кипенко // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия : Информационные технологии. 2010. – Т. 8, вып. 2. – С. 69–77.
5. Системы оперативного планирования и диспетчирования групповых производственных процессов [Текст] / [А. А. Павлов, С. Г. Банашак, С. Н. Гриша, Е. Б. Мисюра]. – К. : Техника, 1990. – 180 с.
6. Авраменко В. П. Интеллектуальные процедуры управления бизнес-процессами предприятий / В. П. Авраменко, С. Ю. Калистратова // Бионика интеллекта. – 2008. – № 2 (69). – С. 73–76.
7. Миротин Л. Б. Логистика интегрированных цепочек поставок : учебник [Текст] / Л. Б. Миротин, А. Г. Некрасов. – М. : Экзамен, 2003. – 256 с.
8. Семенов А. И. Предпринимательская логистика [Текст] / А. И. Семенов. – СПб.: Политехника, 1997. – 349 с.
9. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок [Текст] / Д. Уотерс. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
10. Борисов В. А. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / Борисов В. А. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
11. Заде Л. А. Понятие лингвистической перенной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] / Заде Л. А. – М. : Мир, 1976. – 167 с.

station and each business process. A multi-layer structural model and method of fuzzy interpretation have been developed for estimation of business operations rate and rhythm. **Practical value.** The developed software based on the proposed models implements the functions of database transaction log scanning, business processes history file generating, dialogue with an administrator, calculation of time loss for documents processing, calculation of numerical and linguistic assessments of division functioning rhythm. References 11, figure 1.

Key words: monitoring, workstation operating model, documents travel patterns, time cost evaluation, fuzzy assessment rhythm of division functioning.

REFERENCES

1. Menyayev, M.F. (2010), *Informatsionnyie sistemy i tehnologii upravleniya organizatsiy: uchebnoe posobie* [Informative systems and technologies of management organization: train aid], Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana, Moscow, Russia.
2. Eremin, L. (2006), "Information technologies are in the systems of organizational-economic management: prospects of development and application", *Problems of theory and practice of management*, no. 5, pp. 64–78.
3. Drozdov, A., Koptelov, A. (2006), "Using of facilities of description of processes for introduction of the corporate informative systems of", *Problem of theory and practice of management*, no.10, pp. 54–70.
4. Kipenko, A.A. (2010), "Analytic geometry of the system of electronic dokumentooborota is", *Transaction of Novosibirsk State University. Series: Information technologies*, vol. 8, iss. 2, pp. 69–77.
5. Pavlov, A.A., Banashak, E.G., Grisha, S.N., Misyura, E.B. (1990), *Sistemyi operativnogo planirovaniya i dispetchirovaniya gruppovyih proizvodstvennyih protsessov* [Systems of the operative planning and control centralized traffic of group production processes], Tehnika, Kiev, USSR.
6. Avramenko, V.P., Kalistratova, S.Yu. (2008), Intellectual procedures of management biznes-processami of enterprises, *Bionics of intellect*, no. 2 (69), pp. 73–76.
7. Mirotin, L.B., Nekrasov, A.G. (2003), *Logistika inte-grirovannyih tsepohek postavok: uchebnyk* [Logistic of computer-integrated chainlets of deliveries: textbook], Ekzamen, Moscow, Russia.
8. Semenenko, A.I. (1997), *Predprinimatelskaya logistika* [Enterprise logistic], Politehnika, Saint Petersburg, Russia.
9. Uoters, D. (2003), *Logistika. Upravlenie tsepyu postavok* [Logistic. Management the chain of deliveries], YuNITI-DANA, Moscow, Russia.
10. Borisov, V.A. (1989), *Obrabotka nechetkoy informatsii v sistemah prinyatiya resheniy* [Treatment of unclear information is in the systems of making decision], Radio i svyaz, Moscow, USSR.
11. Zade, L.A. (1976), *Ponyatie lingvisticheskoy peremen-noy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyih resheniy* [Concept of linguistic variable and his application to acceptance of close decisions], Mir, Moscow, USSR.

Стаття надійшла 20.12.2016