

УДК 681.3.01+001

О. В. Нестеренко, І. Є. Нетесін

Міжнародний науковий центр технології програмування «Техносффт»
пр. Академіка Глушкова, 44, 03680 Київ, Україна

Моделі інформаційного навантаження при опрацюванні документів у автоматизованих інформаційно-аналітичних системах органів державної влади

Розглянуто питання забезпечення обов'язковості своєчасного опрацювання документів в органах державної влади в процесі підготовки рішень в умовах функціонування автоматизованих інформаційно-аналітичних систем. Запропоновано новий підхід для розробки відповідних моделей інформаційного навантаження із застосуванням математичного апарату теорії масового обслуговування.

Ключові слова: автоматизація, управління, теорія масового обслуговування, інформаційна безпека, орган державної влади.

Постановка проблеми

Активізація процесів інформатизації органів державної влади (ОДВ) обумовлює актуальність питання визначення ефективної методології автоматизації їхньої інформаційно-аналітичної діяльності. Водночас, використання сучасних інформаційних технологій в органах влади все більше пов'язується із забезпеченням їхньої інформаційної безпеки [1, 2].

З одного боку, враховуючи необхідність забезпечення в сучасних умовах відкритості діяльності ОДВ, у них має бути налагоджено регламентовану прозору роботу стосовно опрацювання документів на базі визначених процедур, дисципліни, адміністративних стандартів. З іншого боку, проблемою, що виходить на передній план, є вичерпна інформаційна підтримка прийняття рішень в ОДВ, оскільки для аналізу ситуацій, оцінки їхнього розвитку, забезпечення послідовної управлінської стратегії необхідні інформаційний супровід проблемних ситуацій у галузі, регіоні, країні, оперативний аналіз державними експертами інформації зворотного зв'язку, широке використання структурованої аналітичної інформації. Відсутність регламентованого порядку опрацювання інформаційних ресурсів, недостатність інформаційного забезпечення веде до зниження ефективності рішень і несвоєчасності їхнього прийняття, що, враховуючи їхнє державне значення, загрожує безпеці країни [2].

© О. В. Нестеренко, І. Є. Нетесін

Забезпечення розв'язання названих проблем пов'язане зі створенням в ОДВ автоматизованих інформаційно-аналітичних систем (АІАС). При цьому набуває важливості завдання підвищення ефективності їхнього функціонування, адже в багатьох випадках АІАС є єдиною можливістю забезпечити отримання та обробку в ОДВ інформації у необхідних обсягах, опрацювати документи та підготувати проекти рішень у встановлений час, тобто реалізувати вимогу «виконавчої обов'язковості», що має підтримувати АІАС, та яка пов'язана з чинниками своєчасного регламентованого опрацювання документопотоків.

Слід також зазначити, що в сучасних умовах інтенсифікації діяльності органів влади повсякчас виникають ситуації інформаційного «наднавантаження» держслужбовців. У пов'язаних з цим обставинах потрібно забезпечувати їхнє релевантне інформування, перерозподіл потоків, а також ефективне використання усіх ресурсів АІАС (серверів, АРМів, інформаційних ресурсів) у цілому.

Як базу вирішення цих завдань у [3] запропоновано основи нової теорії *ситуаційного регулювання* технологічних процесів у ОДВ при автоматизованій обробці інформаційних потоків, що має забезпечити розкриття закономірностей автоматизації документообігу та опрацювання інформації, розробку принципів визначення технологічних операцій, організаційних заходів, структурних перебудов у конкретних галузевих ситуаціях в умовах послідовно-паралельного підключення для розв'язання проблем різних підрозділів і держслужбовців органу влади. Ця концепція представляє собою систему технологічних методів і засобів, що забезпечують на основі певної моделі розрахунок *інформаційного навантаження* та «включення» регулюючих впливів при досягненні деяких порогових значень [4].

Виділення таких архетипів дозволяє аргументовано «дозувати» регуляторні впливи на структуру органу влади та його АІАС і, як наслідок, коректувати шаблони поведінки держслужбовців у бік загального оптимуму. Іншими словами, в розглянутому випадку стратегічною метою є корисна трансформація кінцевої множини функцій діючих осіб органу влади та ресурсів, які на певному відрізку часу є постійними і стійкими елементами його «бізнес-процесів».

Необхідність зазначеного регулювання в системі (зміна структури, використання адаптивної структури, зміна напрямку передачі потоків та ін.) ставить цілий ряд складних, специфічних задач, більшість з яких дотепер ще не вирішено, а частину з них навіть не сформульовано належним чином. Тому методи аналізу, синтезу та оптимізації таких систем здобувають виняткового значення, а разом із цим й відповідні методології, що дозволяють розв'язувати окремі задачі досліджень за вказаними напрямками.

Основні визначення

Враховуючи пріоритетність інформаційної стадії процесу підготовки прийняття рішення в ОДВ, до головних задач, які необхідно розв'язувати і які визначають основні вимоги до регулювання в АІАС, слід віднести:

1) формування, структурування та переміщення інформаційних потоків за індивідуальними режимами;

2) застосування при визначенні шляхів розв'язання проблемних ситуацій (з урахуванням властивостей оточуючого інформаційного середовища) комплексного моделювання інформаційно-аналітичної діяльності ОДВ, яке враховує технологічні та організаційні можливості органу влади та АІАС;

3) встановлення та ведення виконавчого регламенту як основи контролю виконання доручень і документів.

Перш за все, з огляду на специфіку діяльності органів влади, визначимо, що інформаційні потоки в них (вхідні — X та вихідні — Y) є **потоками документів**, тобто будь-яка інформація (повідомлення) подається у вигляді документа d , $d \in D$, де D — підмножина документів певного виду зі скінченної множини усіх допустимих в АІАС видів документів D . Класифікація видів документів носить багаторівневий і багатофакторний характер. На першому рівні визначаються два основних види документів — вхідні D^X та вихідні D^Y .

Формування потоків документів у ОДВ здійснюється спеціальним підрозділом — органом первинної та кінцевої обробки кореспонденції, яким зазвичай виступає канцелярія (Кц). Тому поняття «вхідний» і «вихідний» тут розглядаються відносно реєстрації в Кц відповідно: до опрацювання документа в ОДВ і після опрацювання. Таким чином, ще один існуючий вид документів — так звані внутрішні, що формуються і завершуються у середині апарату ОДВ, на певному етапі будуть відноситися до двох визначених основних видів, тобто або вхідні, або вихідні.

До специфічних ознак документів, з якими мають справу ОДВ, відносяться, в загальному випадку, відповідні номер і дата надходження/відпрацювання. Зазвичай, до пари елементів {номер, дата} додають елемент «категорія». Це найбільш ємна ознака, що може, наприклад, визначати такі види документа, як «постанова», «внутрішній наказ», «наказ ОДВ, зареєстрований в Мінюсті», «розпорядження», «доручення», документ Кабінету Міністрів, Верховної Ради тощо. Крім того, класифікація документів проводиться й за приналежністю для опрацювання до визначених функцій органу влади:

$$F = \{ F_k \}, k = \overline{1, K}, F \neq \emptyset.$$

Категорію документів за певними ознаками визначає канцелярія. Зведення різних ознак документа, з урахуванням часових та інших факторів, до певного виду є, строго кажучи, неформальною процедурою, але для цілей даного дослідження воно не є критичним. Важливо, що трійка {номер, дата, категорія} однозначно ідентифікує документ.

Отже, множина D^X об'єднує підмножини вхідних документів певного виду D^{Xn} , $n = \overline{1, N}$, що складаються з окремих документів d_i^{Xn} , $i = \overline{1, I_n}$ (рис. 1), які будемо також називати *об'єктами*.

Аналогічно формується й підмножина D^Y вихідних документів.

Відображення об'єкта d_i^{Xn} у деякий вихідний документ d_j^{Ym} , $m = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, J}$, будемо називати *виконанням (або опрацюванням) документа d_i^{Xn}* . При цьому результуючий документ d_j^{Ym} може належати як підмножині D^{Xn} вхідних докумен-

тів, так і деякій іншій підмножині множини \mathbf{D} . Тобто у загальному випадку $D^X \cap D^Y \neq \emptyset$.

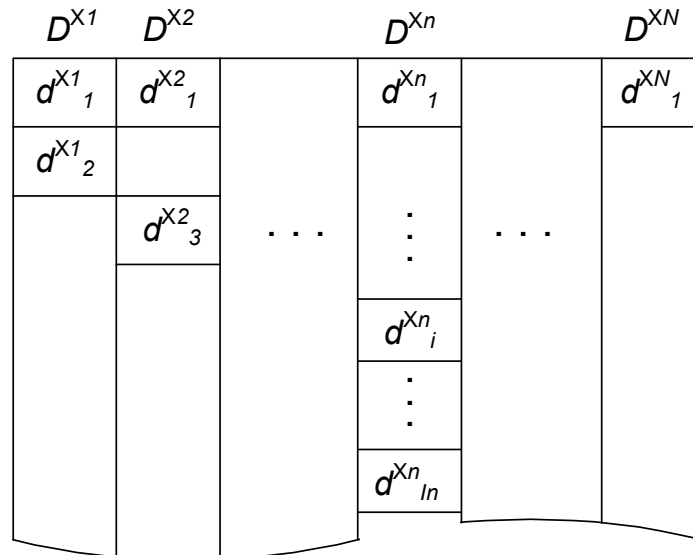


Рис. 1. Множина вхідних документів D^X

Обсяг ресурсів системи (обчислювального обладнання і програмного забезпечення, а також інформаційних ресурсів), що виділяються для виконання документів, будемо позначати через $\Delta = \{\Delta_r\}, r = \overline{1, R}$.

Сутність, що ініціює виконання документа у визначеному процесі, будемо називати *суб'єктом виконання* та позначати через S . Суб'єктами виконання зазвичай є державні службовці — експерти, які за посадовими обов'язками повинні опрацьовувати документи певного виду відповідно до тих функцій органу влади, до виконання яких вони залучені, тобто множина $S = \{S_i^k\}, i = \overline{1, N}$, де індекс k означає обізнаність експерта у відповідній функції ОДВ, а індекс i — у документах певного виду.

Кожний експерт із множини потребує визначеного часу на обробку кожного документа і тому може обмежувати власною продуктивністю потік документів на своєму вході та виході.

Моделі інформаційних потоків та їхнє опрацювання

Характерною рисою інформаційних потоків (потоків документів) у ОДВ є їхня безперервна зміна в часі як за величиною, так і за напрямками. Основою аналізу таких процесів обробки інформації є структури (моделі) інформаційних потоків.

Виходячи з цього, для аналізу процесів виконання документів і оцінки поведінки АІАС пропонується застосовувати математичну теорію, що розглядає процеси обробки документів з точки зору теорії масового обслуговування (ТМО) і використовує аналітичні методи і відповідні механізми систем масового обслуговування (СМО) [5, 6].

Дослідженням СМО для обчислювальних систем і мереж приділялося достатньо уваги [7–9], у тому числі у випадку взаємодії в телекомунікаційній мережі клієнтів і серверів різних типів в умовах істотного розходження їхнього функціонального призначення, їхніх характеристик, форм і способів використання, великої кількості запитів і утворення черг на їхню обробку [10]. Ці дослідження показують можливість практичного використання ТМО в системах автоматизації різних сфер.

У СМО виконання документів (СМО ВД) вхідний потік заявок у загальному випадку асоціюється з надходженням на опрацювання документів або запитам суб'єктів до ресурсів, а канали (прибори) обслуговування — з фахівцями-експертами, які піддають обробці (виконанню) документи з використанням АРМів, або певними ресурсами (рис. 2). При масовому надходженні заявок у таку СМО виникають черги, які утворюються через нерегулярність надходження документів, їхній випадковий обсяг і тривалий час опрацювання, а також навантаження на ресурси. Тому однією з характеристик якості обслуговування в цьому випадку можна вважати середній час очікування документа в черзі на опрацювання експертом.

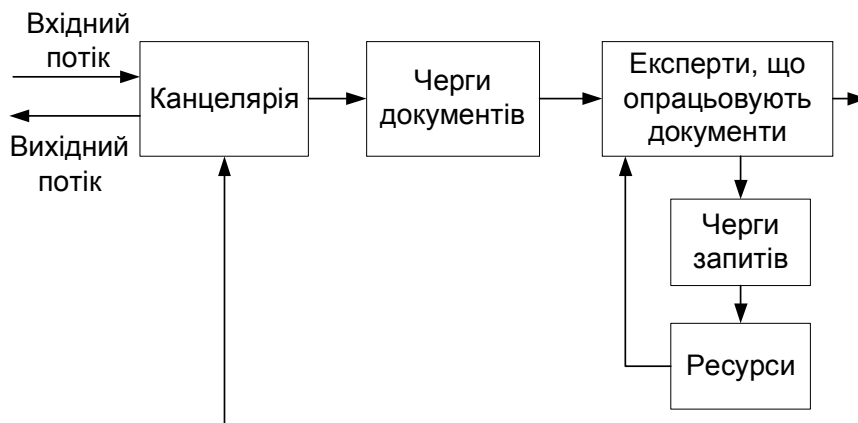


Рис. 2. Загальна схема СМО ВД

Знання цього часу, а також середньої довжини черги дає можливість оцінити не тільки наскільки швидко виконуються документи, але й чи достатньо експертів та/або їхньої кваліфікації. Крім того, якщо середній час очікування початку опрацювання документів є достатньо довгим, то очевидно існує велика ймовірність, що вони будуть виконані квапливо і тому не якісно, або не будуть дотримані строки їхнього виконання. У підсумку така ситуація свідчить про наявність інформаційного наднавантаження експертів.

СМО ВД уявляє собою, з одного боку, типову СМО *дискретного* типу з кінцевою або зчисленою множиною станів, у якій перехід з одного стану до іншого здійснюється стрибком, у момент часу, коли відбувається властива даній системі подія, наприклад, надходження нової заявки, завершення обслуговування документа, вихід із черги тощо. З іншого боку, процеси, що протікають у СМО ВД, як правило, є процесами з безперервним часом, що обумовлено випадковістю потоку заявок.

На рис. 3 наведено більш детальну схему опрацювання документопотоків в органі влади як систему масового обслуговування.

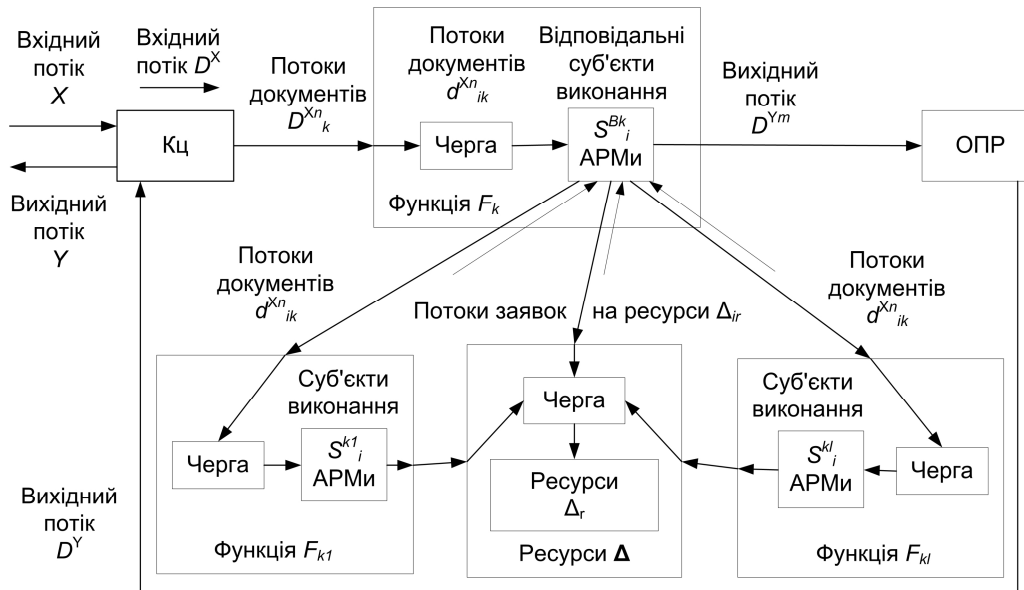


Рис. 3. Система опрацювання документопотоків в ОДВ у вигляді СМО

Враховуючи, що процес оптимізації функціонування організаційної структури органу влади зазвичай пов'язаний із завданнями перерозподілу функцій між його структурними підрозділами, доцільно розглядати організаційну структуру як множину функцій, необхідних для державного управління, що розподілені між структурними підрозділами. При такій моделі інформаційні зв'язки доцільно моделювати не між підрозділами, а між функціями органу влади F_k . Таким чином, вхідний потік X в Кц розподіляється на потоки документів D^{Xn} за видами, а потім за функціями органу влади, тобто $d_i^{Xn} \xrightarrow{K_{ij}} d_{i,(k_1, \dots, k_l)}^{Xn}$. Цей розподіл можна представити матрицею, де в рядках вказані функції, а в стовпцях — види документів (рис. 4).

Реалізація кожної функції забезпечується множиною суб'єктів (експертів), оснащених АРМами. Серед них треба відокремити відповідальних експертів S_i^{Bk} , що відповідають за опрацювання документа d_{ik}^{Xn} і формування проекту рішення, та причетних експертів множини S_i^k з групи експертів за функцією F_k , що приймають участь в опрацюванні цього документа. Крім того, до опрацювання документа можуть залучатись й експерти, що пов'язані з виконанням деякої іншої F_{k_l} функції. Якщо для виконання документа задіяні і відповідальні, і причетні експерти, то можна говорити про аналог «мультипроцесорної» обробки зі складним порядком використання процесорів.

З рис. 4 видно, що експерти утворюють відповідні групи, зорієнтовані на опрацювання документів певних видів. Очевидно, що одні й ті ж самі експерти можуть належати до різних груп.

		1	2	...	n	...	N
	1	d_{i1}^{X1}	d_{i1}^{X2}	...	d_{i1}^{Xn}	...	d_{i1}^{XN}

S_i^{k1}	k_1	d_{ik1}^{X1}	d_{ik1}^{X2}	...	d_{ik1}^{Xn}	...	d_{ik1}^{XN}
S_i^{Bk}
S_i^{kl}	k_l	d_{ikl}^{X1}	d_{ikl}^{X2}	...	d_{ikl}^{Xn}	...	d_{ikl}^{XN}

K		d_{iK}^{X1}	d_{iK}^{X2}	...	d_{iK}^{Xn}	...	d_{iK}^{XN}

Рис. 4. Матриця розподілу документів

Нарешті, вихідний потік D^{Ym} після опрацювання направляється до особи (осіб), що приймають рішення (ОПР) на ухвалення, а потім до Кц і покидає систему. При цьому в даному дослідженні приймається свідоме спрощення, що розгляд документа в ОПР, як, власне, і в Кц не впливає на загальний час виконання документа.

Суб'єкту для забезпечення виконання документа необхідні певні ресурси з множини Δ . Великий обсяг ресурсів, що використовуються при опрацюванні документа, та різноманітність їхніх характеристик вимагають їхньої класифікації, зазвичай за послугами, що надаються, або за функціями, що виконуються — доступ до серверів, баз даних, внутрішнього веб-сайту, до Інтернету тощо. Також кожний запит на доступ до ресурсу може супроводжуватись утворенням черг.

Таким чином, опрацювання документів у ОДВ уявляє собою дуже складну систему потоків інформації. В термінах ТМО вона може бути охарактеризована як послідовно-паралельна багатоканальна багатозафазна СМО без утрат (тобто з очікуванням) з можливістю упорядкування обслуговуючих приборів, із зовнішні-

ми та внутрішніми абсолютними і відносними пріоритетами та спеціальною дисципліною обслуговування черги документів, яка у загальному випадку допускає циклічність дообслуговування документів, формування кількох черг до одного пристрою (черг першочерговиків) і перехід з однієї черги до іншої.

Зазвичай потік заявок і їхнє обслуговування можна описати, крім маршруту руху заявок, такими основними характеристиками як закон розподілу вхідних заявок, закон розподілу часу їхнього обслуговування та дисципліна ведення черги. У ТМО вивчено досить багато різних дисциплін формування й обслуговування черг. Насамперед слід зазначити, що черги бувають безпріоритетні і з пріоритетним обслуговуванням запитів [11, 12].

Говорячи про вимоги до обробки документів, слід відмітити, що СМО ВД є системою з необмеженим очікуванням (документ має бути обов'язково рано чи пізно опрацьованим) — розімкнутою для експертів та замкнутою для ресурсів.

Найчастіше в ОДВ утворюються черги документів через різноманітні пріоритети, які бувають як зовнішні (нормативно встановлені для певних документів вищестоящих органів влади), так і внутрішні, що встановлюються керівництвом ОДВ, або якщо наближається термін, відведений на опрацювання документа. Також пріоритет може визначити і сам експерт, наприклад, вибираючи документ, час на опрацювання якого, на його погляд, є незначним (приклад відносного пріоритету). Крім того, звичайною практикою є переривання опрацювання одного документа для виконання іншого з подальшим доопрацюванням відкладеного (приклад абсолютного пріоритету). Названі чинники суттєво ускладнюють моделювання та аналіз СМО ВД на відміну від дисципліни обслуговування «перший прийшов – перший оброблений» (ПППО).

Спробуємо шляхом деяких припущень, спрощень та апріорних фактів, а також ґрунтуючись на численних практичних вимірах [5, 13–15], звести систему СМО ВД до більш простих моделей, які можна описати, використовуючи відомі результати ТМО. Таким чином, для аналітичних досліджень СМО ВД бажано було би розглядати вхідний потік заявок як *простіший* потік, тобто такий, який має одночасно властивості *стаціонарності, ординарності та відсутності післядії* [11, 13].

У загальному випадку за характером надходження заявок СМО ВД є системою з нестаціонарним потоком, оскільки інтенсивність надходження заявок залежить і від часу робочого періоду доби, і навіть від дня місяця і пори року, враховуючи надходження пошти, уповільнення діяльності у святкові та літній періоди і тощо. Нехтуючи святковими та аналогічними періодами, що суттєво не впливають на точність моделі, можна констатувати, що ймовірність надходження до Кц деякої кількості документів (тобто заявок у термінах ТМО) не залежить від початку підрахунку часу, тобто від дати робочого дня і його часу, а залежить тільки від довжини проміжку часу. Ймовірність надходження більшої кількості заявок за більший проміжок часу, очевидно, більша (за два робочих дні більше, ніж за один), що і є визначенням стаціонарності.

Щодо ординарності потоку слід зазначити, що в реальному житті кількість заявок, що передаються за одиницю часу до одного експерта, може бути більше однієї, однак також можна вважати, що в будь-який момент часу поступає тільки

один документ, оскільки фактично часом надходження документа в ОДВ є час його реєстрації в Кц.

Нарешті, як свідчить практика, основний потік документів, які поступають у ОДВ, не залежить від кількості документів, що надійшли раніше, і моментів їхнього надходження, тобто потік є таким, в якому відсутня післядія.

На щастя простіший потік має чудову властивість — сума простіших потоків є простішим потоком, що дозволяє розглядати весь потік різноманітних документів від різних джерел як єдиний простіший потік.

Допущені спрощення виправдані тим, що в ТМО найважливішу роль грає саме простіші потоки, оскільки такі й близькі до них потоки часто зустрічаються на практиці, і, крім того, заміна в моделях потоків, що не є простішими, на простіші з такою ж щільністю, дають гарні за точністю результати.

Для простішого потоку набір імовірностей надходження n заявок у проміжку часу довжиною t визначається формулою Пуассона $P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}$, де λ — ін-

тенсивність потоку заявок, тобто λ , дорівнює математичному очікуванню числа заявок, що надійшли за одиницю часу. Тому простіший потік ще називають стаціонарним пуассонівським потоком. Відомо, що в пуассонівському потоці проміжки часу між моментами надходження сусідніх запитів незалежні й експоненціально розподілені за показовим законом зі щільністю $\lambda e^{-\lambda t}$.

Також відповідно до практичних даних у теоретичних дослідженнях для опису розподілу часу обслуговування запитів застосовується показовий закон з функцією розподілу $1 - e^{-\mu t}$, де μ — інтенсивність обслуговування. Фізичний зміст μ полягає в тому, що $\frac{1}{\mu}$ дорівнює математичному очікуванню часу обслуговування однієї заявки. У подальшому під заявкою будемо розуміти надходження документа до експерта або запиту від експерта до ресурсу, якщо це не потребує уточнення.

Той факт, що показовий закон дає більш кращі приближення до реальних ситуацій у разі швидкого обслуговування не є обмеженням для СМО ВД, оскільки поняття «швидкого» є відносним. Невідповідність показовому закону буде означати, що або черга буде суттєво зростати, що є протиріччям принципу «виконавчої обов'язковості», або що експерти будуть «простоювати», чого регламент роботи ОДВ також не припускає.

Для опису моделей проходження заявок з утворенням черг у СМО крім величин λ і μ найчастіше використовуються наступні характеристики:

p_n — імовірність того, що в системі перебуває n заявок (документів — у нашому випадку);

L — середня кількість документів у системі;

l — середня довжина черги документів;

T_l — середній час очікування документа в черзі;

T — середній час обробки документа (очікування в черзі плюс опрацювання);

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ — навантаження, тобто середня частка часу, коли канал (експерт, ре-

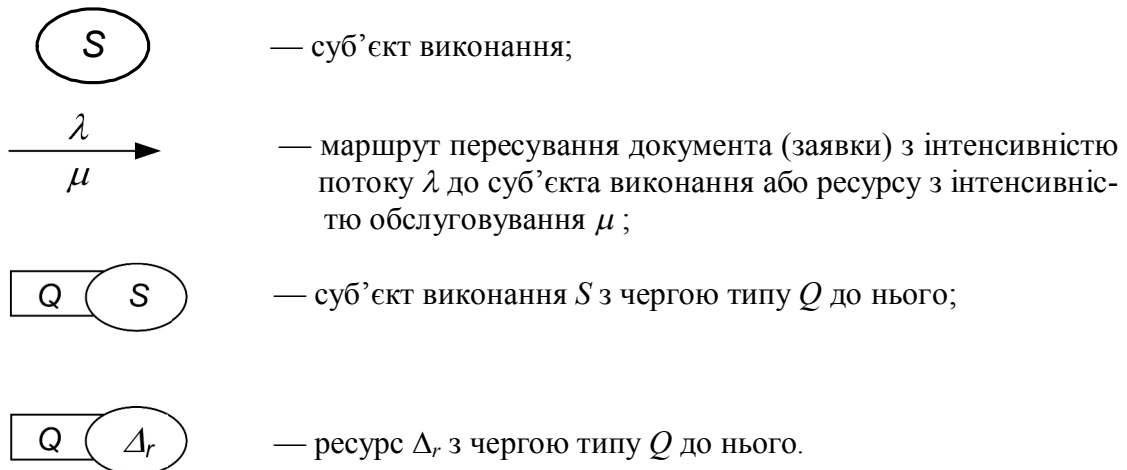
сурс — в нашому випадку) зайнятий. При $0 < \rho < 1$ система є стабільною, а при

$\rho > 1$ розмір черги необмежено зростає.

Таким чином, знаючи параметри λ і μ (які, безумовно, для потоків документів до експертів і запитів до ресурсів суттєво відрізняються) та знайшовши p_n , можна, в разі потреби, визначити інші характеристики системи.

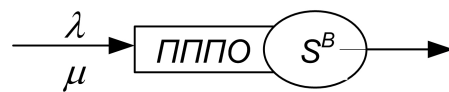
Моделі проходження документів

Для зображення маршрутів руху заявок (документів) уведемо графічні позначення (піктограми). Для спрощення там, де це не викликає двозначного розуміння, будемо опускати індекси у позначеннях. Отже:



Побудуємо тепер моделі руху потоків документів (заявок) від Кц до суб'єктів виконання і від суб'єктів виконання до ресурсів у припущенні, що ці потоки є найпростішими, а час їхнього обслуговування — показовий.

1. По-перше, розглянемо найпростішу схему опрацювання документів одним відповідальним експертом, коли ці документи опрацьовуються в порядку надходження. Цій схемі відповідає одноканальна модель СМО з дисципліною черги ПППО, яка має вигляд:



Із визначення p_n випливає, що $L = \sum_{n=0}^{\infty} np_n$. З іншого боку, використовуючи відому теорему (формулу) Літла [8], що $L = \lambda T$ та $l = \lambda T_l$, а також той факт, що

$\sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1$, маємо:

$$p_n = (1 - \rho)\rho^n, \quad L = \frac{\rho}{1 - \rho}, \quad l = \frac{\rho^2}{1 - \rho}, \quad T = \frac{1}{\mu(1 - \rho)}, \quad T_l = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}.$$

Відзначимо, що теорема Літгла справедлива фактично для всіх складних СМО, які досягають статистичної рівноваги, тому в подальшому часто не будуть наводитися вирази для всіх характеристик системи, якщо вони достатньо громіздкі, а тільки для деяких із них.

Розглянемо приклад, який відповідає даній моделі. Нехай протягом 1-го робочого дня до відповідального експерта надходить в середньому 3 документи певного виду, тобто $\lambda = 3$, а середній термін опрацювання одного такого документа складає 2 години, тобто $1/4$ робочого дня (8-годинного) і тому $\mu = 4$. На перший погляд здається, що у цьому випадку не буде утворюватись черга, або, принаймні, вона буде не більше одного документа. Але проведемо розрахунки: $\rho = \frac{3}{4}$, $l = 2 \frac{1}{4}$

документа, $T_l = \frac{3}{4}$ дня, а $T = 1$ день. І хоча, якщо крім цих документів у експерта не буде іншого навантаження, тобто він буде мати 2 вільні години на день, черга документів цього виду в середньому буде перевищувати 2 документа. З цього простого прикладу вже видно, що цього експерта необхідно завантажити ще опрацюванням документів іншого виду.

Наведена нижче таблиця ілюструє залежність довжини черги від навантаження.

Навантаження, ρ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
Середня довжина черги документів, $\frac{\rho^2}{1-\rho}$	0,011	0,05	0,129	0,267	0,5	0,9	1,63	3,2	8,1	18,05

З даних таблиці легко помітити, що при малих значеннях навантаження великі черги малоймовірні, і навпаки, при навантаженні, близькому до 1, черга суттєво зростає.

Отже, навіть такий простий приклад підкреслює важливість проведення досліджень щодо використання ТМО для моделювання роботи експертів у ОДВ і відповідної АІАС.

2. Для схеми опрацювання одним відповідальним експертом потоку документів, для яких він сам встановлює внутрішній відносний пріоритет (ВВП), коли більш високий пріоритет має документ, який потребує менше часу на виконання, будемо використовувати одноканальну модель СМО з дисципліною черги ВВП:



Для такої моделі середній час очікування документа $d(\tau)$ в черзі складе

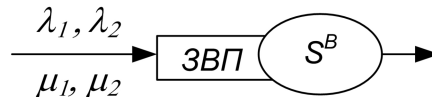
$T_l(d(\tau)) = \frac{\rho}{\mu} \{1 - \rho[1 - e^{-\mu\tau}(1 + \mu\tau)]\}^{-2}$, де τ — час, необхідний для виконання документа.

3. У разі ситуації, коли один відповідальний експерт, працюючи з потоком документів, призупиняє опрацювання деякого документа, коли до нього надходить інший документ, більш важливий для виконання на цей час, а потім продовжує виконувати попередній документ (якщо не має знов таки більш важливого), будемо використовувати одноканальну СМО з дисципліною черги із зовнішнім абсолютним пріоритетом (ЗАП). Для випадку документів з двома рівнями пріоритетів (I та II) модель буде мати вигляд



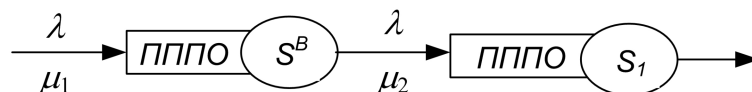
$$T_l(I) = \frac{\rho_1}{\mu_1(1 - \rho_1)}; \quad T_l(II) = \frac{1}{\mu_2(1 - \rho_1 - \rho_2)} \left[\rho_1 + \rho_2 + \frac{\mu_2 \rho_1}{\mu_1(1 - \rho_1)} \right], \quad \text{де } \rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}, \quad \rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}.$$

4. Якщо один відповідальний експерт працює з документами двох видів, які мають різні пріоритети (наприклад, пріоритети I та II), при цьому якщо надходить документ більш високого I пріоритету, коли він працює з документом з пріоритетом II, то обробка документа II завершується (не переривається), а потім розпочинається опрацювання документа I, хоча в черзі ПППО першим стоїть інший документ II, то використовується модель одноканальної СМО з зовнішнім відносним пріоритетом (ЗВП):



$$T_l(I) = \frac{\rho_1 + \rho_2}{1 - \rho_1}, \quad T_l(II) = \frac{T_l(I)}{(1 - \rho_1 - \rho_2)}, \quad \rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}, \quad \rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}.$$

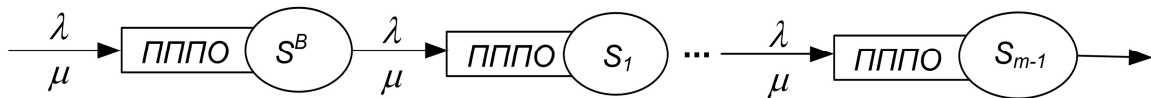
5. Схемі опрацювання документа двома експертами — спочатку відповідальним, потім причетним, коли документи обробляються в порядку надходження (причому інтенсивність вхідних потоків для обох експертів однакова, інтенсивності опрацювання документів можуть відрізнятися), відповідає двофазна СМО з двома послідовними каналами та дисципліною обслуговування черги ПППО:



Для цієї моделі:

$$L = \frac{\rho_1}{1-\rho_1} + \frac{\rho_2}{1-\rho_2}, \quad l = \frac{\rho_1^2}{1-\rho_1} + \frac{\rho_2^2}{1-\rho_2}, \quad \rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1}, \quad \rho_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}.$$

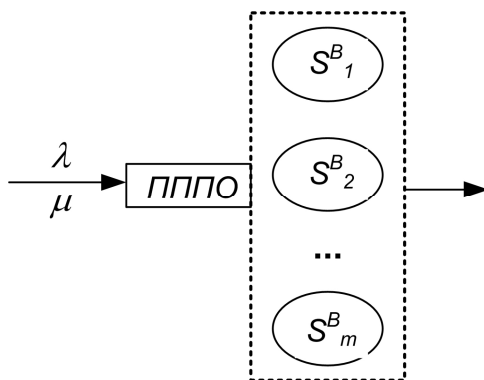
6. Розширенню цієї схеми на більшу групу m експертів (один відповідальний та $m - 1$ причетних) відповідає багатофазна СМО з m послідовними каналами.



Навіть коли інтенсивність опрацювання документів μ однакова для всіх експертів, вирази для характеристик цієї системи для $m \geq 4$ вже досить громіздкі, тому наведемо тільки

$$p_n = C_{n+m-1}^{m-1} \rho^n (1-\rho)^m.$$

7. Для схеми, в якій документи надсилаються групі з m «рівноправних» відповідальних (або причетних) експертів, тобто коли документ $d_{i,(k_1,\dots,k_l)}^{X_n}$ з однаковою ймовірністю передається вільному експерту з цієї групи або стає в чергу з дисципліною обслуговування ПППО, будемо використовувати модель СМО з m паралельними каналами.



Для цієї на перший погляд простої моделі формули, що її описують, є також уже достатньо громіздкими, але враховуючи важливість цієї схеми надамо їх в повному обсязі:

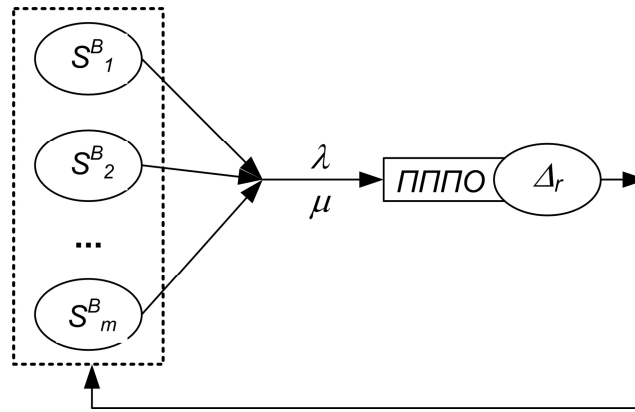
$$p_n = \frac{p_0 (m\rho)^n}{n!(1-\rho)},$$

де

$$p_0 = \left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{(m\rho)^n}{n!} + \frac{(m\rho)^m}{m!(1-\rho)} \right]^{-1}, \quad \rho = \frac{\lambda}{m\mu}.$$

Тоді $L = m\rho + \frac{\rho p_n}{1-\rho}$, $l = \frac{\rho p_n}{1-\rho}$, $T = \frac{1}{\mu} + \frac{p_n}{\mu - \lambda}$, $T_l = \frac{\rho p_n}{\lambda(1-\rho)}$.

8. Нарешті розглянемо взаємодію експертів з ресурсами. Найбільш актуальним є випадок, коли декілька експертів більш-менш періодично звертаються (надсилають запити) до одного й того ж локального ресурсу. Вбачається, що кожний з експертів посилає свій черговий запит після одержання відповіді на попередній. Цій схемі відповідає замкнута СМО з m клієнтами, які обслуговуються одним прибором, та після завершення обслуговування, в разі необхідності, знов стають в чергу до нього. Така модель має вигляд:



Для цієї моделі $p_n = \frac{m! \rho^n}{(m-n)!} p_0$, де $p_0 = \left[\sum_{n=0}^m \frac{m! \rho^n}{(m-n)!} \right]^{-1}$, тоді

$$L = m - \frac{1}{\rho}(1 - p_0), \quad l = m - \frac{1 + \rho}{\rho}(1 - p_0), \quad T = \frac{1}{\mu} \left(\frac{m}{1 - p_0} - \frac{1}{\rho} \right), \quad T_l = \frac{1}{\mu} \left(\frac{m}{1 - p_0} + \frac{1 + \rho}{\rho} \right).$$

Більш складною моделлю є взаємодія із зовнішніми веб-ресурсами, адже самі по собі гіпертекстові посилання безпосередньо не забезпечують добування інформації, вони лише побічно надають допомогу в навігації, забезпечуючи доступ до відомостей, що доповнюють інформацію поточної веб-сторінки. Найбільш придатними моделями для опису поведінки таких систем є лінійні стохастичні мережі [6], які будуються шляхом з'єднання відповідного числа СМО та зовнішнього клієнтського джерела запитів.

Іншим підходом до опису моделей взаємодії клієнтів з веб-серверами може слугувати модель мережі із затримками. Основною характеристикою в таких мережах, що аналізується, є середній час затримки від надходження запиту в систему до його остаточної обробки залежно від інтенсивності вхідного потоку й пропускних здатностей потоків мережі [7, 16].

Одним із видів ресурсів є сервер застосувань, який можна уявити як конгломерат ресурсів різного функціонального призначення. Тоді для побудови моделі взаємодії клієнтів з таким ресурсом необхідно розглядати його як комбінацію більш простих ресурсів.

Три властивості пуассонівського потоку з тривалістю обслуговування, яка розподілена за показовим законом, а саме: 1) генерування вихідного потоку, який також є пуассоновським, причому з інтенсивністю вхідного потоку; 2) об'єднання декількох незалежних пуассонівських потоків, що є також пуассонівським, та інтенсивність якого дорівнює сумі інтенсивностей складових потоків; 3) надходження потоку запитів на систему j , що є пуассонівським з інтенсивністю $q_j \lambda$, якщо запити, які надходять із пуассонівського джерела з інтенсивністю λ , розподіляються випадковим чином між n системами з імовірностями q_j , $j(j = 1, \dots, n)$, дають нам можливість шляхом суперпозиції запропонованих достатньо простих моделей складати та аналізувати більш складні системи опрацювання документів у

різних ОДВ з урахуванням їхньої інфраструктури та особливостей АІАС.

З огляду на обмеженість існування на сьогодні математичних моделей діяльності органу влади, проведений розгляд органу влади як системи масового обслуговування з урахуванням наведених вище допущень можна використовувати також як базовий для побудови імітаційної моделі, яка визначить мінімальний середній час реакції системи на документопотоки при обмежених людських і обчислювальних ресурсах. Для складання й прогону імітаційної моделі, наприклад, у середовищі GPSS World, необхідно мати в розпорядженні й дані щодо опорних показників, які характеризують навантаження на суб'єктів виконання. Такі статистичні дані можуть бути зібрані в ході обстеження конкретного органу влади, а саме: середньодобова кількість заявок (документів), приблизне число документів, для опрацювання яких необхідно звертатися до причетних експертів, середній час обслуговування одного документа, кількісні дані щодо наявності експертів, обчислювальних та інформаційних ресурсів та ін. При цьому витрати часу на обслуговування (виконання) документів вочевидь мають опосередковано включати й час на виконання інших функціональних обов'язків кожного із працівників органу влади.

На оцінку якості функціонування СМО ВД впливають два основних чинники, які виникають при визначенні розрахункових критеріїв, а саме неточність визначення вхідних даних і необхідність прийняти допущення та відкидати деякі фактори впливу для спрощення моделювання. Величину помилки визначення критеріїв можливо оцінити за допомогою статистичних випробувань (метод Монте-Карло) з використанням запропонованої моделі та відповідного програмного забезпечення, яке бажано мати у складі АІАС. Зазначимо, що незважаючи на деяку складність окремих аналітичних виразів у наданих моделях, вони допускають досить просту алгоритмічну реалізацію.

Таким чином, структурно-морфологічний аналіз інформаційно-аналітичної діяльності органу влади на основі теорії масового обслуговування із залученням методів імітаційного моделювання дозволить при порівняно невеликих витратах часу й засобів не тільки наблизитися до більш раціональної структури установи, але й перейти на більш якісний рівень організації роботи з документами.

Висновки

Забезпечення розв'язання проблем інформаційно-аналітичної діяльності та опрацювання документів в органах влади пов'язане зі створенням у них автоматизованих інформаційно-аналітичних систем. Такі системи мають бути зорієтованими перш за все на обов'язковість виконання органами влади покладених на них функцій та, відповідно, повинні забезпечувати інформаційну безпеку органу влади. У зв'язку із цим вони мають будуватися як системи з віртуальними функціональними підсистемами, що мають гнучку прив'язку до організаційно-функціональних змін, до урахування наявності посадових осіб та обчислювальних і інформаційних ресурсів, що також змінюються, а також відстежувати інформаційне навантаження в процесах підтримки прийняття рішень. У зв'язку із цим постають задачі, пов'язані з регулюванням у системі для забезпечення ефективності її функціонування.

Ураховуючи, що аналітичних методів для розв'язання таких задач не існує, для аналізу процесів виконання документів і оцінки поведінки автоматизованої системи запропоновано застосовувати математичну теорію, що розглядає процеси обробки інформації з точки зору теорії масового обслуговування і використовує аналітичні методи і відповідні механізми систем масового обслуговування.

Розглядаючи процеси виконання документів у вигляді СМО, показано, що для аналітичних досліджень систем, подібних до тієї, що розглядається, можна йти на свідомі спрощення і вважати, що вхідний потік заявок є простішим з такою ж щільністю, що дозволяє отримати гарні за точністю результати.

Проведений короткий аналіз показує істотні розходження у вимогах до характеристик, форм і способів використання АРМів експертів та інших ресурсів, тому є актуальними побудова й дослідження моделей взаємодії експертів і ресурсів різних типів в умовах великої кількості заявок і утворення черг на їхню обробку.

Аналіз більш складних моделей СМО ВД виходить за рамки цієї роботи. З урахуванням обмеженості існуючих на сьогодні математичних моделей органу влади виникає необхідність у створенні гібридних імітаційних моделей, що дозволяють злити воедино позитивні якості різних напрямків в імітаційному моделюванні, і тим самим розсунути рамки їхнього застосування до реальної проблематики системи державної влади. Це може бути важливим напрямком подальших досліджень у визначеній проблемній області.

1. *Нестеренко О.В.* Методологія використання сучасних інформаційних технологій в інформаційно-аналітичних системах органів державної влади / О.В. Нестеренко // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2004. — Т. 6, № 1. — С. 62–74.
2. *Нестеренко О.В.* Безпека інформаційного простору державної влади. Технологічні основи / О.В. Нестеренко. — К.: Наук. думка, 2009. — 352 с.
3. *Нестеренко О.В.* Методологія ситуаційного регулювання в автоматизованих системах для забезпечення необхідного рівня інформаційної безпеки державної влади / О.В. Нестеренко // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2008. — Т. 10, № 4. — С. 25–36.
4. *Нестеренко О.В.* Інформаційний підхід до забезпечення керування в автоматизованих інформаційно-аналітичних системах органів влади / О.В. Нестеренко // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2008. — Т. 10, № 3. — С. 46–55.
5. *Саати Т.Л.* Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т.Л. Саати. — М.: Сов. радио, 1971. — 520 с.
6. *Кофман А.* Массовое обслуживание. Теория и приложения / А. Кофман, Р. Крюон. — М.: Мир, 1965. — 302 с.
7. *Клейнрок Л.* Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. — М.: Мир, 1973. — 660 с.
8. *Бертсекас Д.* Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. — М.: Мир, 1989. — 544 с.
9. *Мартин Дж.* Системный анализ передачи данных / Дж. Мартин. — М.: Мир, 1975. — 431 с.
10. *Нетесин И.Е.* Модели обслуживания очередей запросов к серверам / И.Е. Нетесин // Проблемы программирования. — 2002. — № 1–2. — С. 265–271.
11. *Кокс Д.* Теория очередей / Д. Кокс, У. Смит. — М.: Мир, 1966. — 218 с.

12. Джейсуол Н. Очереди с приоритетами / Н. Джейсуол. — М.: Мир, 1973. — 279 с.
13. Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. — М.: Сов. радио, 1969. — 399 с.
14. Риордан Дж. Вероятностные системы обслуживания / Дж. Риордан. — М.: Связь, 1966. — 184 с.
15. Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания и ее приложения / И.Н. Коваленко. — М.: Наука, 1966. — 341 с.
16. Нетесин И.Е. Методы управления, оптимизации и повышения надежности компьютерных сетей / И.Е. Нетесин // Проблемы программирования. — 2001. — № 3–4. — С. 99–111.

Надійшла до редакції 02.03.2011