

УДК 004.891.3

МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ НАСКРІЗНИМИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМ

Левикін І.В.

д.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Автоматизація управління множиною наскрізних бізнес-процесів як єдиним об'єктом на конкретному підприємстві з урахуванням непередбачуваних затримок при виконанні дій таких процесів, потребує використання прецедентного підходу. орієнтованого на вирішення слабо формалізованих задач. Реалізація прецедентного управління базується на моделях прецедентів та інформаційної технології, які дозволяють знайти такі варіанти управляючих дій у вигляді встановлення пріоритетів доступу до загальних ресурсів конкуруючих бізнес-процесів, що забезпечували б їх виконання у встановлені за договорами термінами.*

***Ключові слова:** МОДЕЛЬ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, НАСКРІЗНИЙ БІЗНЕС-ПРОЦЕС, ПРОЦЕСНЕ УПРАВЛІННЯ, РЕСУРСИ, ЖУРНАЛ ПОДІЙ, ПРЕЦЕДЕНТ.*

Вступ

Широке впровадження процесного управління на сучасних підприємствах базується на застосуванні інформаційних технологій та систем управління бізнес-процесами. Процесний підхід до управління передбачає побудову опису підприємства як об'єкту управління у вигляді множини бізнес-процесів, що інтегрують діяльність відповідних підрозділів та забезпечують підвищення ефективності функціонування підприємства в цілому.

Досвід процесного управління свідчить, що ключові проблеми впровадження процесного підходу пов'язані з невідповідністю між існуючою організаційною структурою, орієнтованою на виконання функціональних задач в межах окремих підрозділів, та наскрізними бізнес-процесами, які працюють із зовнішніми постачальниками, охоплюють декілька підрозділів і створюють продукцію для зовнішніх клієнтів підприємства. Такі процеси є ключовими в діяльності підприємства і тому результати його функціонування значною мірою залежать від ефективності управління множиною таких процесів та їх своєчасного виконання. Наскрізні бізнес-процеси використовують спільні ресурси, що може приводити до затримок при доступі до цих ресурсів і, як наслідок, несвоєчасного завершення цих процесів. Тому при процесному управлінні необхідно враховувати взаємодію між наскрізними бізнес-процесами. Однак внаслідок недостатньої формалізації взаємодії між такими процесами при доступі до ресурсів процесне управління множиною наскрізних бізнес-процесів реалізується з використанням практичного досвіду та існуючих

інженерних практик. Зазначене свідчить про важливість формалізації такого досвіду, представлення його у вигляді прецедентних рішень та подальшого використання у процесному управлінні.

У проведених дослідженнях бізнес-процеси розглядаються в якості окремих об'єктів управління. Однак ефективність функціонування підприємства в цілому при процесному управлінні залежить від своєчасного виконання всієї системи бізнес-процесів підприємства. Для подолання цієї невідповідності необхідно перейти від управління окремими наскрізними бізнес-процесами до управління сукупністю наскрізних бізнес-процесів як єдиним об'єктом з урахуванням спільного використання ресурсів цими процесами, а також зміни з часом складу процесів, що виконуються.

Реалізація такого підходу потребує використання прецедентів управління наскрізними бізнес-процесами на конкретному підприємстві з урахуванням непередбачуваних затримок при виконанні дій таких процесів, що виникають внаслідок впливу людського фактору. Тому автоматизація управління множиною наскрізних бізнес-процесів як єдиним об'єктом потребує використання прецедентного підходу як підходу, орієнтованого на вирішення слабо формалізованих задач.

Мета та задачі дослідження

Підвищення ефективності управління системою взаємопов'язаних наскрізних бізнес-процесів підприємства на основі прецедентного підходу.

Основна частина

Запропоновано концепцію прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами (замовленнями). Для однозначного представлення реалізації цієї концепції, введемо наступні визначення:

- замовлення – документальне підтвердження виробника на випуск товару, який реалізується з моменту укладення договору шляхом виконання виробничого процесу до відвантаження готової продукції споживачеві;

- наскрізний бізнес-процес є аналогічним всім етапам реалізації замовлення з визначенням власника процесу; необхідних фінансових, матеріальних, трудових ресурсів і часових обмежень на його виконання;

- наскрізний бізнес-процес представляється впорядкованою послідовністю окремих бізнес-процесів, що ототожнюються з окремими елементами виробничого процесу;

- бізнес-процес реалізується відповідними діями.

Використання цієї концепції дозволяє розглядати прецедентне управління як процес, виконання якого базується на розроблених моделях та методах. Узагальнений сценарій виконання цього процесу буде являти собою послідовність наступних етапів.

Етап I. Формування множини прецедентів групи наскрізних бізнес-процесів на основі аналізу даних про їх поведінку, з використанням узагальненого методу формування, пошуку та використання прецеденту наскрізного бізнес-процесу.

Етап II. Формування вхідних даних і реалізація пошуку прецеденту-аналога як моделі процесу для запуску нового наскрізного бізнес-процесу.

Етап III. Прецедентне управління новим наскрізним бізнес-процесом з використанням методу прецедентного управління та інших методів.

Проведемо реалізацію цих етапів на прикладі прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами поліграфічного підприємства. Практичну реалізацію розробленої інформаційної технології побудови прецедентів групи наскрізних бізнес-процесів здійснимо на прикладі виконання замовлень з виготовлення продукції поліграфічним підприємством. Воно реалізує одночасно як періодичні, так і неперіодичні (знову з'являються) нові замовлення. У виконанні замовлень бере участь велика кількість різних відділів, служб і виробничих підрозділів. Функції планування і регулювання процесів реалізації життєвого циклу замовлень, безпосередньо виконуються плановим відділом підприємства. Плановий відділ визначає бізнес-процес виконання замовлення, включаючи його часовий графік. Часовий графік вказує, коли буде виконуватися кожна дія замовлення. При появі нового замовлення перед працівником відділу виникає складне завдання визначення можливості його виконання поряд з іншими виконуваними замовленнями. Її рішення залежить від таких факторів: наявності вільних матеріалів, стану використовуваного обладнання, наявності людських ресурсів і тимчасових обмежень як для виконуваних, так і для нового замовлення. Планувальник (ОПР, власник бізнес-процесів) може визначити послідовність видів робіт, які будуть виконуватися на тому чи іншому обладнанні (можливо якусь роботу вдасться об'єднати з іншим подібним замовленням, щоб заощадити матеріали і час на підготовку). Тому він повинен планувати, контролювати і управляти станом всіх виконуваних замовлень поліграфічного підприємства. Для виконання замовлень у встановлені за договорами терміни, ІС в поточний момент часу, надає йому інформацію про стан устаткування, наявності та достатності матеріалів і людських ресурсів. ОПР бере безпосередню участь в процесі отримання необхідного

Рішення, за допомогою зміни будь-якого порядку (фіксування пріоритету) запуску бізнес-процесу у відповідній конкурентній точці. При цьому, зафіксований їм порядок в будь-якій конкурентній точці, автоматично не може бути змінений. Змінити або видалити встановлений порядок в той або іншій конкурентній точці може тільки ОПР, в залежності від виникаючих умов виконання того чи іншого замовлення. Наприклад, в разі появи нестандартних ситуацій (інцидентів), які не можна було передбачити заздалегідь: збій обладнання, відсутність матеріалів, запуск нового замовлення тощо [1].

Визначення порядків запуску замовлень у всіх конкурентних точках, здійснюється кількома послідовними кроками. Їх специфіка полягає в тому, що

якщо на поточному кроці була знайдена послідовність порядків, що задовольняє умовам часу, що залишився, то вона є оптимальною. Надалі ОПР може використовувати це «рішення» або продовжити пошук інших варіантів, які задовольняли б новим умовам, що з'явилися, при виконанні замовлень.

Основним критерієм управління процесами виконання замовлень, є мінімізація часу очікування доступу бізнес-процесів до загальних ресурсів. Несвоєчасне виконання того чи іншого наскрізного бізнес-процесу/замовлення призводить до появи значних грошових штрафів. Ця обставина безпосередньо впливає на основні економічні показники діяльності підприємства. Тому використання розробленого програмного засобу «Модуль прецедентного управління», дозволяє планувальникам знаходити оптимальні рішення при оперативному управлінні групою наскрізних бізнес-процесів.

Формування на етапі I множини прецедентів групи наскрізних бізнес-процесів здійснюється на основі аналізу даних про їх поведінку, отриманих з логу подій, у вигляді набору трас послідовностей подій. Далі, використовуючи технологію Process Mining, отримуємо модель прецеденту-аналога шляхом виконання таких кроків.

Крок 1. Здійснюється виявлення в логах опис послідовності подій з виконання наскрізних бізнес-процесів, який містить опис прецеденту та його рішення. Ці дані заносяться в базу прецедентів-аналогів.

Крок 2. Формується опис нового поточного прецеденту наскрізного бізнес-процесу. За цим описом здійснюється пошук подібного прецеденту-аналога та проводиться порівняння опису поточного прецеденту з описом прецеденту-аналога наскрізних бізнес-процесів.

Крок 3. При розбіжності цих описів проводиться коригування моделі такої послідовності подій виконання наскрізного бізнес-процесу, яка відповідала б параметрам моделі нового процесу (модель «to be»).

Скоригована модель прецеденту використовується для управління новим наскрізним бізнес-процесом. Після успішного виконання наскрізного бізнес-процесу (замовлення) формується прецедент у вигляді його опису і отриманого «рішення», який заноситься в базу прецедентів для його повторного застосування при управлінні аналогічними наскрізними бізнес-процесами. Таким чином, фактично формується модель прецеденту-аналога наскрізного бізнес-процесу.

Реалізуємо цей етап на прикладі трьох наскрізних бізнес-процесів за допомогою розробленої інформаційної технології побудови прецедентів наскрізних бізнес-процесів, яка дозволяє автоматизувати процеси формування моделі прецедентів наскрізних бізнес-процесів у відповідності до визначених цілей та заявлених очікуваних результатів.

На кроці 1 реалізації технології Process Mining отримуємо модель прецеденту групи наскрізних бізнес-процесів, яка складається з трьох заказів з сімома конкурентними точками.

Для опису моделі прецеденту групи наскрізних бізнес-процесів, введемо

наступні параметри:

- z_i – номер i -го замовлення;
- r_{il} – ресурс виконання l -го бізнес-процесу відповідного i -го замовлення;
- T_i^{set} – час виконання i -го замовлення за договором;
- t_{il}^h – нормативний час виконання l -го бізнес-процесу;
- κ_{il} – порядок проходження l -го бізнес-процесу i -го замовлення;
- T_i^{fact} – фактичний час виконання i -го замовлення.

Представимо модель прецеденту наскрізних бізнес-процесів для першого замовлення в першій конкурентній точці в наступному вигляді

$$Mp = (z_i, r_{il}, T_i^{set}, t_{il}^h, \kappa_{il}, T_i^{fact}).$$

Тоді модель прецеденту за всіма конкурентними точками має вигляд:

$$Mp = \text{замовлення 1} (z_i; \kappa_{i1}; r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; \kappa_{i2}; r_{i2}; t_{i2}^h; \kappa_{i3}; r_{i3}; t_{i3}^h; \kappa_{i4}; r_{i4}; t_{i4}^h; \kappa_{i5}; r_{i5}; t_{i5}^h; \kappa_{i6}; r_{i6}; t_{i6}^h; \kappa_{i7}; r_{i7}; t_{i7}^h; T_i^{fact}), \text{ замовлення 2} (\kappa_{i1}; r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; \kappa_{i2}; r_{i2}; t_{i2}^h; \kappa_{i3}; r_{i3}; t_{i3}^h; \kappa_{i4}; r_{i4}; t_{i4}^h; \kappa_{i5}; r_{i5}; t_{i5}^h; \kappa_{i6}; r_{i6}; t_{i6}^h; \kappa_{i7}; r_{i7}; t_{i7}^h; T_i^{fact}), \text{ замовлення 3} (\kappa_{i1}; r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; \kappa_{i2}; r_{i2}; t_{i2}^h; \kappa_{i3}; r_{i3}; t_{i3}^h; \kappa_{i4}; r_{i4}; t_{i4}^h; \kappa_{i5}; r_{i5}; t_{i5}^h; \kappa_{i6}; r_{i6}; t_{i6}^h; \kappa_{i7}; r_{i7}; t_{i7}^h; T_i^{fact}).$$

Наприклад, за фактичними даними, отриманими з логу подій є десять варіантів моделей прецедентів, які представлені в табл. 1.

Використовуючи дані цієї таблиці, модель прецеденту групи наскрізних бізнес-процесів наприклад по десятому варіанту, отримана з логу подій, має наступний вигляд:

$$Mp = \text{замовлення 1} (1, 1, 120, 4, 4, 116, 4; 2, 2, 10, 15, 101, 19; 2, 3, 10, 16, 85, 35; 3, 4, 14, 31, 54, 66; 3, 5, 12, 22, 32, 88; 2, 6, 9, 14, 18, 102; 2, 7, 12, 16, 2, 118), \text{ замовлення 2} (2, 1, 110, 8, 12, 98, 8; 3, 2, 8, 23, 75, 31; 3, 3, 8, 24, 51, 59; 1, 4, 10, 10, 41, 69; 2, 5, 6, 10, 31, 79; 3, 6, 12, 26, 5, 105; 1, 7, 4, 4, 1, 109), \text{ замовлення 3} (3, 1, 100, 10, 22, 78, 10; 1, 2, 5, 5, 73, 15; 1, 3, 6, 6, 67, 33; 2, 4, 7, 17, 50, 50; 1, 5, 4, 46, 54; 1, 6, 5, 5, 41, 59; 3, 7, 9, 25, 16, 84).$$

Аналогічно формуються елементи всієї моделі для другого і третього замовлень в інших конкурентних точках. Така модель прецеденту зберігається в базі прецедентів.

На кроці 2 формується опис нового прецеденту наскрізного бізнес-процесу. Використовуючи введені позначення для моделі прецеденту групи наскрізних бізнес-процесів, модель опису поточного прецеденту на прикладі трьох замовлень з сімома конкурентними точками доступу бізнес-процесів до загальних ресурсів, представимо наступним виразом:

M_o =замовлення 1 ($r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; r_{i2}; t_{i2}^h; r_{i3}; t_{i3}^h; r_{i4}; t_{i4}^h; r_{i5}; t_{i5}^h; r_{i6}; t_{i6}^h; r_{i7}; t_{i7}^h$), замовлення 2 ($r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; r_{i2}; t_{i2}^h; r_{i3}; t_{i3}^h; r_{i4}; t_{i4}^h; r_{i5}; t_{i5}^h; r_{i6}; t_{i6}^h; r_{i7}; t_{i7}^h$), замовлення 3 ($r_{i1}; T_i^{set}; t_{i1}^h; r_{i2}; t_{i2}^h; r_{i3}; t_{i3}^h; r_{i4}; t_{i4}^h; r_{i5}; t_{i5}^h; r_{i6}; t_{i6}^h; r_{i7}; t_{i7}^h$).

Таблиця 1 – Фактичні дані варіантів моделей прецедентів

	κ_{i1}	r_{i1}	T_i^{set}	t_{i1}^h	κ_{i2}	r_{i2}	t_{i2}^h	κ_{i3}	r_{i3}	t_{i3}^h	κ_{i4}	r_{i4}	t_{i4}^h	κ_{i5}	r_{i5}	t_{i5}^h	κ_{i6}	r_{i6}	t_{i6}^h	κ_{i7}	r_{i7}	t_{i7}^h	T_i^{fact}
1	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	3	4	14	3	5	12	2	6	9	1	7	12	130
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	2	4	10	2	5	6	3	6	12	2	7	4	108
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	74
2	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	3	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	134
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	2	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	96
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	74
3	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	2	4	14	3	5	12	2	6	9	1	7	12	123
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	1	4	10	2	5	6	3	6	12	2	7	4	101
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	3	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	98
4	1	1	120	4	2	2	10	3	3	10	2	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	119
	2	1	110	8	1	2	8	2	3	8	3	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	105
	3	1	100	10	3	2	5	1	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	92
5	1	1	120	4	2	2	10	2	3	10	3	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	120
	2	1	110	8	3	2	8	1	3	8	2	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	100
	3	1	100	10	1	2	5	3	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	92
6	1	1	120	4	3	2	10	1	3	10	3	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	120
	2	1	110	8	2	2	8	3	3	8	2	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	106
	3	1	100	10	1	2	5	2	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	84
7	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	2	4	14	2	5	12	2	6	9	2	7	12	120
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	3	4	10	1	5	6	3	6	12	1	7	4	106
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	1	4	7	3	5	4	1	6	5	3	7	9	92
8	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	2	4	14	3	5	12	1	6	9	2	7	12	119
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	3	4	10	2	5	6	2	6	12	1	7	4	105
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	1	4	7	1	5	4	3	6	5	3	7	9	95
9	1	1	120	4	3	2	10	2	3	10	2	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	118
	2	1	110	8	2	2	8	1	3	8	3	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	104
	3	1	100	10	1	2	5	3	3	6	1	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	92
10	1	1	120	4	2	2	10	2	3	10	3	4	14	3	5	12	2	6	9	2	7	12	118
	2	1	110	8	3	2	8	3	3	8	1	4	10	2	5	6	3	6	12	1	7	4	109
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	2	4	7	1	5	4	1	6	5	3	7	9	84

Дані для опису поточного прецеденту, представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Фактичні дані для опису поточного прецеденту по конкурентним точкам

№	z_i	r_{i1}	T_i^{set}	t_{i1}^h	r_{i2}	t_{i2}^h	r_{i3}	t_{i3}^h	r_{i4}	t_{i4}^h	r_{i5}	t_{i5}^h	r_{i6}	t_{i6}^h	r_{i7}	t_{i7}^h
10	1	1	120	4	2	10	3	10	4	14	5	12	6	9	7	12
	2	1	110	8	2	8	3	8	4	10	5	6	6	12	7	4
	3	1	100	10	2	5	3	6	4	7	5	4	6	5	7	9

За табл. 2, модель опису поточного прецеденту має наступний вигляд:

M_o =замовлення 1 (1, 120, 4; 2, 10; 3, 10; 4, 14; 5, 12; 6, 9; 7, 12),
 замовлення 2 (1,110, 8; 2, 8; 3, 8; 4, 10; 5, 6; 6,12; 1, 7,4), замовлення 3 (1, 100,
 10; 2, 5; 3, 6; 4, 7; 5, 4; 6, 5; 7, 9).

Потім проводиться пошук в базі прецедентів таких прецедентів, описи яких повинні збігатися з описом поточного прецеденту. В результаті такого порівняння вибрані 10 варіантів.

На кроці 3 при розбіжності вихідних параметрів поточного прецеденту, (наприклад, невиконання замовлення відповідно до укладеного договору T_i^{set}) вибирається той прецедент, який має точний збіг з описом поточного прецеденту. Таким результатом вибору є сьомий варіант, який фактично є скоригованим прецедентом таблиця 3.

Таблиця 3 – Дані для моделі прецедента по сьомому варіанту

	K_{i1}	r_{i1}	T_i^{set}	t_{i1}^h	K_{i2}	r_{i2}	t_{i2}^h	K_{i3}	r_{i3}	t_{i3}^h	K_{i4}	r_{i4}	t_{i4}^h	K_{i5}	r_{i5}	t_{i5}^h	K_{i6}	r_{i6}	t_{i6}^h	K_{i7}	r_{i7}	t_{i7}^h	T_i^{fact}
7	1	1	120	4	3	2	10	3	3	10	2	4	14	2	5	12	2	6	9	2	7	12	120
	2	1	110	8	2	2	8	2	3	8	3	4	10	1	5	6	3	6	12	1	7	4	106
	3	1	100	10	1	2	5	1	3	6	1	4	7	3	5	4	1	6	5	3	7	9	92

Цей прецедент є входом інформаційної технології адаптивного процесного управління на основі прецедентного підходу, з додаванням в його модель інтервальних параметрів наскрізних бізнес-процесів.

Реалізація цієї інформаційної технології побудови прецедентів групою наскрізних бізнес-процесів підтримується розробленим програмним засобом «Модуль прецедентного управління».

1 Розробка моделі і алгоритму «Знаходження пріоритетів запуску бізнес-процесів у конкурентних точках»

Основною проблемою прецедентного управління є знаходження «рішення» у складі прецеденту у вигляді зміни порядку запуску складу множини наскрізних бізнес-процесів, які виконуються у відповідних конкурентних точках, з метою мінімізації часу очікування ними ресурсів, при обмеженнях на час виконання кожного з цих процесів.

Для отримання такого «рішення» використовуємо прецедент аналог наскрізних бізнес-процесів, отриманий за допомогою 1-й інформаційної технології. Ознаками, що дозволяють визначити приналежність подій до бізнес-процесу, є їх атрибути (назва операції процесу; виконавець; об'єкт, який використовується процесом; назва підрозділу організації, де виконується процес). При цьому події фіксують час очікування кожного бізнес-процесу як сумарний час очікування доступу до ресурсів.

Для вирішення поставленої проблеми необхідно знайти такі варіанти управляючих дій (Рішень) у вигляді встановлення пріоритетів доступу до загальних ресурсів конкуруючих бізнес-процесів (конкурентна точка), які забезпечували б їх виконання у встановлені за договорами терміни. При цьому в деяких конкурентних точках склад бізнес-процесів може змінюватися. Це означає, що в будь-якій конкурентній точці в групу виконуваних бізнес-процесів може бути включений бізнес-процес, який не конкурує з ними за ресурси на попередніх точках. Тому в розвиток методу оперативного

прецедентного управління пропонується модель знаходження ««рішення»», у вигляді оперативного визначення пріоритетів запуску замовлень у всіх конкурентних точках з урахуванням їх нормативного часу та часу виконання, що залишився [2].

Для розробки моделі визначення пріоритетів запуску замовлень введемо такі позначення:

$$Z(s) = (z_1, z_2, \dots, z_{C^z(s)}),$$

де $Z(s)$ – група замовлень у s -й конкурентній точці

z_i – i -е замовлення групи замовлень $Z(s)$ в s -й конкурентній точці;

$C^z(s)$ – кількість замовлень у групі $Z(s)$.

Виконання замовлення у рамках його життєвого циклу здійснюється відповідними бізнес-процесами:

$$Z_i = (B_1^i, B_2^i, \dots, B_l^i, \dots, B_{C_i^B}^i),$$

де B_l^i – l -й бізнес-процес i -го замовлення;

C_i^B – кількість бізнес-процесів, що реалізують i -е замовлення.

При цьому кожний l -й бізнес-процес виконується послідовністю відповідних дій

$$B_l^i = (D_{l1}^i, \dots, D_{lj}^i, \dots, D_{C_l^D}^i),$$

де D_{lj}^i – j -та дія l -го бізнес-процесу i -го замовлення;

C_l^D – кількість дій у l -му бізнес-процесі i -го замовлення в групі $Z(s)$.

У той же час виконання бізнес-процесів B_l^i пов'язано з такими часовими обмеженнями:

– T_i^{set} – час виконання i -го замовлення за договором;

– t_i^{left} – час, що залишився, виконання i -го замовлення;

– t_{lj}^h – нормативний час виконання j -ї дії l -го бізнес-процесу

відповідного замовлення;

– $t_{lj}^i(C_l^D)$ – час виконання j -ї дії l -го бізнес-процесу i -го замовлення.

Час очікування для кожної наступної дії визначається часом виконання попередньої дії, оскільки подальша дія може бути виконана тільки при звільненні ресурсу, використовуваного попередньою дією.

Була поставлена задача отримання рішення з управління наскрізними бізнес-процесами. Одним з основних критеріїв її рішення є мінімізація часу очікування ресурсів при обмеженнях на час виконання кожного з цих процесів, представлених виразом:

$$\min(t_{lj}^{i(wt)}) / \forall B_l^i \quad t_l^i \leq t_l^{i \max}, \quad (1)$$

де $t_{lj}^{i(wt)}$ – час очікування ресурсів для виконання j –ї дії l -го бізнес-процесу B_l^i i -го замовлення;

t_l^i – час виконання l -го бізнес-процесу i -го замовлення;

$t_l^i \leq t_l^{i \max}$ – обмеження на час виконання l -го бізнес-процесу.

Тоді модель опису дій D_{lj}^i j –ї дії l -го бізнес-процесу i -го замовлення представимо наступним кортежем:

$$D_{lj}^i = (t_{lj}^h, t_{lj}^i(C_l^D), t_l^{i(wt)}, t_l^{lefi}). \quad (2)$$

Відповідний бізнес-процес i -го замовлення буде вважатися виконаним, якщо час виконання j –ї дії буде більше або дорівнювати нулю:

$$t_{lj}^i(C_l^D) \geq 0, \forall i \in C^Z(s), j \in C_l^D, l \in C_i^B. \quad (3)$$

Фактичний час i час, що залишився, виконання замовлення також буде більше нуля або дорівнювати нулю:

$$(T_i^{\max} - T_i^{set}) \geq 0, \forall i \in C^Z(s), t_l^{lefi} \geq 0, \forall i \in C^Z(s). \quad (4)$$

В залежності від часових обмежень l -го бізнес-процесу й кожної j –ї дії, необхідно знайти оптимальний порядок/пріоритет їх проходження P_{ls}^i . У відповідності до поставленої задачі, модель знаходження порядків проходження l -го бізнес-процесу i -го замовлення j –ї дії, згідно з встановленим порядком, представимо у вигляді кортежу:

$$M = (T_i^{set}, t_l^{lefi}, t_{lj}^i(C_l^D), t_{ij}^h, P_{ls}^i, d_i, d_s), \quad (5)$$

де d_i – відхилення поточного i -го сумарного часу, що залишився, по всіх наскрізних бізнес-процесах у відповідному порядку від найбільшого з них;

d_s – загальний час, що залишився, після виконання всіх наскрізних бізнес-процесів.

Процес знаходження оптимального «рішення» здійснюється розробленою технологією з використанням моделі (5), при реалізації наступної цільової функції:

$$\tau_{Z(s)} = \sum_{i=1}^{C^Z(s)} \sum_{l=1}^{C^B} (T_l^{iset} - T_l^{i \max}) \rightarrow \min_{T_l^{iset}, T_l^{i \max}}. \quad (6)$$

Таким чином, використання моделі оперативного знаходження пріоритетів запуску наскрізних бізнес-процесів у всіх конкурентних точках з урахуванням їх нормативного часу та часу, що залишився, дозволяє визначати оптимальні «рішення», виходячи з часових обмежень предметної області.

Для реалізації моделі (5) розроблений алгоритм, який забезпечує знаходження «рішення» у вигляді встановлення пріоритетів запуску кожного бізнес-процесу в конкурентних точках за критерієм мінімального часу очікування їх доступу до необхідних ресурсів, з обмеженнями на час їх виконання. [3]. Крім того, повинна виконуватися умова виконання всіх ключових наскрізних бізнес-процесів, що входять до групи, відповідно до термінів, встановлених договорами. Неключові наскрізні бізнес-процеси, одночасно конкуруючі за загальні ресурси разом з ключовими в кожній конкурентній точці, управляються традиційними способами. При необхідності зміни статусу конкретного наскрізного бізнес-процесу, пов'язаного з економічними параметрами (прибуток, штрафи), ОПР може змінювати порядок його запуску у якійсь конкурентній точці.

Вхідною інформацією алгоритму є:

- дані про замовлення, ресурси, за які вони будуть конкурувати (обладнання, матеріали тощо),
- час початку і закінчення виконання замовлення,
- нормативний час виконання дії в конкурентних точках.

Вихідною інформацією алгоритму є дані про пріоритети доступу бізнес-процесів до загальних ресурсів у конкурентних точках.

Алгоритм реалізації завдання «Знаходження пріоритетів запуску бізнес-процесів в конкурентних точках» представимо наступною послідовністю дій.

Крок 1. Здійснити введення параметрів по кожному наскрізному бізнес-процесу з документів про замовлення (час початку й закінчення виконання замовлення, нормативний час виконання дії бізнес-процесу t_{ij}^h , і час очікування t_j^{wt} , його доступу до ресурсів у конкурентних точках, час виконання замовлення за договором T_{ij}^{set} тощо).

Крок 2. Обчислити тривалість виконання дій кожного замовлення t_{ij}^i , в конкурентних точках у вигляді суми часу очікування $t_{ij}^{p\ wait}$ та нормативного часу виконання дії t_{ij}^h .

Крок 3. Розрахувати час, що залишився, виконання кожного бізнес-процесу відніманням від часу виконання замовлення за договором поточного часу виконання замовлення до відповідної конкурентної точки $t_{ij}^{p\ left} = T_i^{p\ cur} - t_{ij}^{p\ work}$.

Крок 4. Обчислити сумарний час, що залишився, виконання замовлень за відповідним порядком у кожній р-й конкурентній точці $T_j^p = \sum_{i=1}^N t_{ij}^{p\ left}$.

Крок 5. Встановити за найбільшим сумарним часом, що залишився, виконання порядок запуску замовлень у р-й конкурентній точці.

Крок 6. Обчислити відхилення найбільшого значення сумарного часу, що залишився, від поточного за всіма порядками в р-й конкурентній точці.

Крок 7. Перевірити наявність негативних значень сумарного часу, що залишився, виконання бізнес-процесів в останній конкурентній точці.

Крок 8. Провести коригування послідовності порядків запуску замовлення ОПР для ліквідації цих негативних значень, підняттям відповідного замовлення на один рівень вгору після фіксації 1-ї конкурентної точки.

Крок 8.1. Розрахувати значення часу максимального запізнювання виконання бізнес-процесів, у відповідності до усіх варіантів встановлення пріоритетів в останній конкурентній точці.

Крок 8.2. Перевірити наявність негативних значень сумарного часу виконання бізнес-процесів, що залишився, в останній конкурентній точці, на другому прогоні.

Крок 9. Визначити порядки запуску замовлень з фіксуванням двох конкурентних точок на третьому прогоні.

Крок 10. Перерахувати послідовності порядків в конкурентних точках, що залишилися, для визначення порядку, що має найбільший час виконання, що залишився.

Крок 11. Провести коригування послідовностей порядків ОПР після третього прогону з фіксацією двох точок з подальшими змінами в інших точках, з урахуванням даних про сумарний загальний час, що залишився, виконання кожного замовлення.

Крок 12. Провести запуск четвертого прогону, на якому визначається можливість знаходження кращого результату з фіксацією трьох конкурентних точок, за критерієм значення більшого загального часу, що залишився.

Крок 13. Визначити можливість подальшого знаходження кращого варіанту з фіксацією наступної точки на наступних етапах.

Запис алгоритму реалізації цього завдання з використанням регулярних виразів алгебри подій має вигляд:

$$MA1=A0A1 \{ \{ (A2A3 \{ \{ (A4A5) \} \} [x0=0][x0=1] \{ (A6A7A8A9[x1=0]A10[x1=1] A11A12[x2=0]) \} \{ ([x2=1]x3[x3=0]A13[x3=1]A14A15A16A17[x4=0]) \} \{ ([x4=1] (7) A18A19A20[x5=0]) \} \{ ([x5=1] A21A22[x6=0]) \} [x6=1]A23A24A25,$$

де A_0 – початок алгоритму;

A_1 – оператор формування масиву даних замовлень, що розглядаються;

A_2 – оператор вводу користувачем діапазону значень параметрів кількості можливих варіантів встановлення пріоритетів у конкурентних точках v, m, g для кожного прогону відповідно;

A_3 – оператори формування початкового номеру порядку й масиву для фіксації другої точки $k=0, \forall Idk=0$;

A_4 – оператор формування початкового номеру порядку й масиву для фіксації першої точки $a=0 \forall Idk=0$;

A_5 – оператор формування початкового номеру порядку в першому прогоні. Встановлення часу, що залишився, виконання дії i -го замовлення, виходячи з часу виконання замовлення за договором $T_i^{p\ cur} = T_i^{set}$, у першій конкурентній точці;

A6 – оператор переходу до наступної j -ї конкурентної точки;

A7 – оператор формування матриці $t_{ij}^{p\ work} = t_{ij}^{p\ wait} + t_{ij}^h$ часу виконання замовлення у p -й конкурентній точці у відповідності до його i -го номеру послідовності, встановленого в j -му порядку. Реальний час виконання бізнес-процесу i -го замовлення в p -й конкурентній точці складається з суми часу очікування й нормативного часу виконання;

A8 – оператор формування матриці часу, що залишився, виконання замовлення у відповідності до i -го номеру, встановленого в j -й послідовності порядків при конкуренції за ресурс у p -й конкурентній точці. Час, що залишився, виконання $t_{ij}^{p\ left}$ складається з різниці поточного часу, що залишився, очікування $T_i^{p\ cur}$ та реального часу виконання замовлення $t_{ij}^{p\ work}$;

A9 – оператор формування рядку матриці суми часу, що залишився, i -их замовлень j -ї послідовності порядків у p -й конкурентній точці $T_j^p = \sum_{i=1}^N t_{ij}^{p\ left}$.

Такий рядок матриці містить дані про загальний час, що залишився, виконання суми заказів за кожним порядком;

x1 – оператор перевірки поточної j -ї конкурентної точки на фіксованість (чи була дана точка раніше зафіксована);

A10 – оператор визначення порядку з найбільшим часом, що залишився. З рядку матриці обирається той порядок, у якого загальний час, що залишився, найбільший $ST^{p\ cur} = \max(T_j^p)$;

A11 – оператор призначення часу, що залишився, $ST^{p\ cur}$ в відповідності до їх порядків f_{lda} , f_{ldk} , отриманих за результатами раніше фіксованих точок;

A12 – оператор встановлення відповідного j -го порядку й визначення $T_i^{p\ cur}$ поточного часу, що залишився, за кожним i -їм замовленням, виходячи з призначеного загального сумарного часу очікування замовлень $ST^{p\ cur}$ у p -й конкурентній точці;

X2 – оператор перевірки останньої j -ї конкурентної точки на першому прогоні;

X3 – оператор перевірки виконання умови отримання рішення, при якій час, що залишився, за кожним замовленням у знайденому порядку повинен бути позитивним;

A13 – оператор встановлення суми значення часу, що залишився, $T_i = \sum_{j=1}^N t_{ij}^{left}$ кожного i -го замовлення за всіма порядками j -и порядками після

проходження всіх конкурентних точок;

A14 – оператор визначення замовлення, що має спільний найменший час очікування $T(U_p) = \min(T_i)$ після проходження всіх конкурентних точок;

A15 – оператор визначення m -ї кількості варіантів встановлення пріоритетів при пересуванні знайденого замовлення вгору після фіксації першої точки;

A16 – оператор переходу до наступної a -ї конкурентної точки для фіксації першої конкурентної точки;

A17 – оператор фіксації першої конкурентної точки x порядком $f1da$;

X4 – оператор перевірки останньої a -ї у першій фіксованій конкурентній точки на другому прогоні;

A18 – оператор визначення кількості варіантів встановлення g пріоритетів при пересуванні знайденого замовлення вгору при фіксації другої точки;

A19 – оператор переходу до наступної k -ї точки для фіксації конкурентної точки;

A20 – оператор фіксації другої конкурентної точки з порядком $f1dk$;

X5 – оператор перевірки останньої k -ї у другій фіксованій конкурентній точки на третьому прогоні;

A21 – оператор коригування рішення ОПР на четвертому прогоні. Перевірка можливості знаходження кращого варіанту за допомогою ОПР при фіксації трьох і більше конкурентних точок;

A22 – оператор опису даних знайденого рішення;

X6 – оператор перевірки на підтвердження ОПР знайденого рішення, виходячи з даних, що описують знайдене рішення;

A23 – оператор опису даних прийнятого рішення;

A24 – оператор опису даних щодо виведення прийнятого рішення. Виведення рішення у вигляді встановлених пріоритетів по кожній конкурентній точці, а також занесення усіх даних про параметри замовлень, конкуруючих за ресурси в базу даних;

A25 – кінець алгоритму.

Алгоритм дозволяє реалізувати функції знаходження пріоритетів запуску бізнес-процесів в кожній конкурентній точці за критерієм мінімального часу очікування доступу до необхідних ресурсів з обмеженнями на час виконання бізнес-процесів. Отримані послідовності пріоритетів запуску бізнес-процесів аналізуються ОПР і при необхідності можуть бути скориговані з метою отримання оптимального «рішення», використовуюваного як керуючий вплив.

Для реалізації пропонуємих моделей розроблено програмний засіб «Модуль прецедентного управління» [4], що забезпечує виконання вказаних у алгоритмі дій і відповідних розрахунків. Програмний засіб «Модуль прецедентного управління» є елементом програмного забезпечення ІСУП.

Основним призначенням цього засобу є підтримка процесу отримання ОПР різних варіантів Рішень з управління наскрізними бізнес-процесами у вигляді встановлення пріоритетів їх запуску. Такі варіанти надаються ОПР для того щоб він міг вибрати кращий варіант для кожного замовлення, відповідно до їх поточних обмежень. Програмний засіб реалізує цикл отримання «керуючий вплив» з управління наскрізними бізнес-процесами за допомогою

побудови і використання моделі прецеденту бізнес-процесу відповідно до розроблених теоретичних підходів.

При цьому в кожній конкурентній точці можуть розглядатися наступні види замовлень:

- замовлення, конкуруючі за ресурси на попередніх точках;
- замовлення які прийшли після виконання власних процесів;
- нові ключові найбільш важливі для підприємства замовлення, щойно спрямовані на виконання в виробництво.

Такі ключові замовлення разом з іншими неключовими конкурують за ресурси (наприклад, обладнання) послідовно в кожній конкурентній точці. Контроль і розподіл ресурсів, необхідних для виконання наскрізних бізнес-процесів, виконується традиційно з використанням засобів інформаційної системи управління підприємством [5].

Виділимо наступні основні функції розроблюваного програмного засобу:

- завантаження файлу логу, що передбачає виділення його складових (трас, подій, ресурсів і т.д.) і занесення їх в базу даних;
- побудова інтервальної моделі прецеденту на основі даних з логу;
- коригування логів процесу на основі аналізу отриманої моделі «керуючий вплив» для адаптації бізнес-процесу до умов використання. Уточнення логів, в свою чергу, призводить до відповідної адаптації моделі прецеденту бізнес-процесу;
- вибір/коригування переліку наскрізних процесів, які виконуються (запускаються) в даний час на підприємстві;
- планування виконання групи процесів відповідно до наведеного вище алгоритму та при необхідності уточнення часових обмежень.

Розроблено програмний засіб реалізує наступні додаткові функції:

- обчислення часу виконання дій для групи наскрізних бізнес-процесів, що конкурують за загальні ресурси, починаючи з першої для нового ключового процесу і наступних конкурентних точок;
- встановлення пріоритетів варіантів запуску кожного бізнес-процесу в усіх конкурентних точках в залежності від часу, що залишився, їх обов'язкового виконання у відповідності до термінів, визначених відповідними договорами;
- визначення часу виконання так званих власних неконкуруючих процесів, який віднімається від часу, що залишився, на виконання відповідного замовлення. Цей параметр враховується при розрахунках часових показників замовлення у відповідній конкурентній точці;
- знаходження кращого варіанту «керуючий вплив» у вигляді встановлення пріоритетів запуску кожного бізнес-процесу за критерієм мінімального часу очікування їхнього доступу до необхідних ресурсів.

Особливістю програмного засобу є те, що він дозволяє автоматично послідовно на кожному етапі визначати подальшу кращу послідовність порядків. Краща послідовність порядків формується, виходячи з обов'язкової умови виконання замовлень у встановлені терміни і максимального часу, що

залишився на їх виконання. При цьому кількість наскрізних бізнес-процесів і конкурентних точок визначається, виходячи з конкретної ситуації знаходження необхідного «керуючий вплив».

Критерієм виконання цієї умови є загальний сумарний час, що залишився, на виконання всіх замовлень. Навіть якщо знайдена послідовність порядків розглянутих замовлень має найбільший час, що залишився, але одне з замовлень за результатами даної послідовності не виконано в термін і, відповідно, має від'ємне значення, дана послідовність не враховується (траса відсікається).

Процес знаходження «керуючий вплив» у вигляді кращого варіанту визначення пріоритетів запуску бізнес-процесів за критерієм максимального часу, що залишився, здійснюється у вигляді прогонів/циклів з урахуванням обов'язкової умови виконання замовлень у встановлені терміни. Цей процес здійснюється в автоматичному режимі з використанням програмного засобу «Модуль прецедентного управління» і комбінованим способом з включенням в такий процес ОПР.

Таким чином, перевагою використання розробленого програмного засобу є те, що ОПР може здійснювати вибір пріоритетів запуску бізнес-процесів, виходячи з умов і обмежень, які неможливо було передбачити при оперативнокалендарному плануванні. Крім того, даний засіб в режимі just in time автоматично здійснює коригування отриманих варіантів, виходячи зі змінених попередніх або нових умов, що з'явилися, запуску замовлень, отримуючи відповідні результати обчислень з урахуванням поточних умов для подальшого аналізу і вибору кращого варіанту.

2 Структура програмного засобу «Модуль прецедентного управління»

Програмний засіб «Модуль прецедентного управління» дозволяє встановлювати пріоритети запуску наскрізних бізнес-процесів, що входять в сформовану групу, за критерієм максимізації часу що залишився, їх виконання при конкуренції за спільні ресурси. Основні блоки засобу:

- блок дослідження і коригування ОПР послідовності порядків в трасах;
- блок обчислення пріоритетів бізнес-процесів;
- блок вирішення завдань на першому етапі з урахуванням максимального часу, що залишився;
- блок вирішення завдань на другому етапі послідовної зміни порядку в одній конкурентній точці;
- блок вирішення завдань на третьому етапі послідовної зміни порядку в двох конкурентних точках;
- блок вирішення завдань на четвертому етапі послідовної зміни порядку в трьох конкурентних точках;
- база поточних прецедентів;
- база прецедентів-аналогів;

– блок інтерфейсу відображення варіантів рішення.

«Блок обчислення пріоритетів бізнес-процесів» є основним блоком програмного засобу.

У програмному засобі для автоматизації процесу виконання дій, пов'язаних з обчисленнями порядків в конкурентних точках, були розроблені різні програмні макроси.

Розроблений програмний засіб «Модуль прецедентного управління» дозволяє обчислювати порядки допуску до загальних ресурсів в одній конкурентній точці до трьох наскрізних бізнес-процесів, що відповідає вимогам щодо управління ними. Однак, використовуючи запропоновану технологію розробки цього засобу, при необхідності, за аналогією, можна розширити його можливості і для більшої кількості до трьох наскрізних бізнес-процесів.

3 Методика використання програмного засобу

«Модуль прецедентного управління»

для послідовного отримання кращого «керуючий вплив»

Метою методики є опис процесу отримання оптимального порядку запуску наскрізних бізнес-процесів у всіх конкурентних точках ОПР, з використанням програмного засобу «Модуль прецедентного управління».

Процес послідовного отримання кращого «керуючий вплив» у вигляді встановлення порядків запуску бізнес-процесів у всіх конкурентних точках, наведемо наступними кроками:

– формування такої послідовності порядків проходження замовлень, при якій загальний час, що залишився, виконання всіх замовлень повинен бути максимальним, з перевіркою ОПР виконання цієї умови;

– зміна варіантів послідовностей порядків за сумарним значенням часу, що залишився, його виконання, з фіксацією однієї конкурентної точки (ОПР приймає рішення про закінчення або продовження пошуку кращої послідовності);

– зміна варіантів послідовностей порядків з фіксації двох, потім трьох та інших конкурентних точок (ОПР приймає рішення про вибір кращої послідовності або необхідності продовження пошуку);

– ОПР вибирає ту послідовність порядків запуску наскрізних бізнес-процесів у всіх конкурентних точках, у яких їх час, що залишився, більший.

Робота з програмним засіб «Модуль прецедентного управління» ефективна в наступних варіантах:

– при появі нового наскрізного бізнес-процесу, коли в графік завантаження устаткування, включається новий бізнес-процес;

– при конкуренції за ресурси в конкурентних точках беруть участь ключові наскрізні бізнес-процеси;

– при конкуренції за ресурси наскрізними бізнес-процесами, що не є ключовими, у яких рівень важливості виконання однаковий.

При реалізації цих варіантів програмний засіб «Модуль прецедентного управління» дозволяє знайти «керуючий вплив» з урахуванням виконання замовлень у строк встановлений за договором і максимального часу, що залишився, шляхом послідовного встановлення оптимальних порядків їх проходження по всім конкурентним точкам. Наприклад, при появі нового ключового наскрізного бізнес-процесу він включається в конкуренцію за ресурси в конкурентних точках з іншими наскрізними бізнес-процесами. Оскільки він пріоритетний, визначається такий порядок його проходження по всіх конкурентних точках, щоб для нього ці умови були виконані, а інші наскрізні бізнес-процеси, з якими він конкурує за ресурси, виконувалися з меншими втратами.

Для відстеження змінної послідовності порядків програмним засобом «Модуль прецедентного управління» надається ОПР повна інформація по ключовому наскрізному бізнес-процесу, із зазначенням порядку його проходження і часу, що залишився, виконання у відповідних конкурентних точках.

Якщо запропоноване «керуючий вплив», у вигляді зміненої послідовності порядків, ОПР влаштовує, то він реалізує таку послідовність в якості керуючого «керуючий вплив», з фіксацією і його збереженням з відповідним описом в базі прецедентів-аналогів.

Крім цього, програмним засобом надається інформація ОПР за всіма іншими наскрізними бізнес-процесами, порядок яких був знижений, у відповідних конкурентних точках, із зазначенням порядку їх проходження і часу, що залишився, їх виконання. Якщо ж таке «керуючий вплив» ОПР не задовольняє, то порядок, який був змінений, фіксується. Така фіксація необхідна, щоб не допустити змін до раніше отриманої кращої послідовності порядків проходження ключового наскрізного бізнес-процесу. Далі запускається програмний засіб, який аналогічними обчисленнями, проводить знаходження необхідного «керуючий вплив» для ключового наскрізного бізнес-процесу. При необхідності, ОПР за допомогою програмного засобу «Модуль прецедентного управління» може провести коригування будь-якого наскрізного бізнес-процесу, порядок якого був змінений у зв'язку з включенням в конкуренцію за ресурси нового наскрізного бізнес-процесу, що з'явився.

Розглянемо детальне виконання цих кроків ОПР з використанням програмного засобу «Модуль прецедентного управління».

Крок 1. За даними про тривалість виконання операцій замовлення в конкурентних точках, тривалості виконання операцій поза конкурентних точок, а також про календарні обмеження на виконання замовлень в платформі автоматично формується така послідовність порядків проходження замовлень, при якій загальний час, що залишився, виконання всіх замовлень повинен бути максимальним. ОПР за отриманими результатами проведених розрахунків, в кожній конкурентній точці визначає, чи виконані ці умови. Якщо умови виконані, то він встановлює отриману послідовність порядків запуску бізнес-

процесів у відповідних конкурентних точках. Якщо ці умови не виконані або отримана послідовність порядків з будь-яких причин його не задовольняє, то ОПР продовжує її коригування, переходячи до Кроку 2.

Крок 2. При натисканні кнопки «Усі таб», в платформі автоматично здійснюється розрахунок всіх послідовностей можливих варіантів порядків з їх зміною в одній конкурентній точці на відміну від послідовності отриманої після першого етапу (рис. 1). Відповідно до визначення порядку замовлення, за сумарним значенням часу, що залишився, його виконання d , необхідно змінити варіанти послідовностей порядків, представлені на рис. 1. Всі результати даних послідовностей зберігаються для більш детального аналізу отриманих даних ОПР. Інформація для ОПР у вигляді часу, що залишився, виконання замовлень або його невиконання представлена в поле «час» (рис. 1). За результатами отриманих даних ОПР приймає рішення про закінчення або продовження пошуку послідовності на Кроці 3.

Усі таб.	Скид	Очистка	№	Точка	d	Порядок	Час	За дов	Вибір поряд	Пор 3-х замов	Пор 2 зам	Очис вибір	Фікс кнопка	Час, що залишив
Таб 1_1	Кон т.1.1		1	точка 1	10	231	-					Кн1_1		0
Таб 1_2		Кон т.1.2	2	точка 1	4	213	-						Кн1_2	0
Таб 2_1	Кон т.2.1		3	точка 2	3	231	-			3	231	Кн2_1		14
Таб 2_2		Кон т.2.2	4	точка 2	8	213	18		312	3	213		Кн2_2	18
Таб 3_1	Кон т.3.1		5	точка 3	8	123	18		213	3	123	Кн3_1		20
Таб 3_2		Кон т.3.2	6	точка 3	0	321	20		132	3	321		Кн3_2	20
Таб 4_1	Кон т.4.1		7	точка 4	3	231	-			3	231	Кн4_1		15
Таб 4_2		Кон т.4.2	8	точка 4	10	213	16			3	213		Кн4_2	16
Таб 5_1	Кон т.5.1		9	точка 5	2	231	-		231	3	231	Кн5_1		12
Таб 5_2		Кон т.5.2	10	точка 5	10	213	-			3	213		Кн5_2	0
Таб 6_1	Кон т.6.1		11	точка 6	11	123	-			3	123	Кн6_1		11
Таб 6_2		Кон т.6.2	12	точка 6	3	321	-			3	321		Кн6_2	18
							20							

Рисунок 1 – Дані про стан НБП

Крок 3. При натисканні кнопки «Фікс кнопка», (рис. 1) ОПР розглядає всі можливі варіанти, отримані після змін в двох конкурентних точках, шляхом фіксації однієї з подальшими змінами в іншій та решті конкурентних точках. Всі розрахунки проводяться автоматично виходячи з визначення можливих порядків в конкурентних точках і замовлень, порядок яких необхідно змінити. За результатами отриманих даних з таблиці 3 про загальний час, що залишився, виконання замовлень, ОПР приймає рішення про вибір кращої послідовності або необхідності продовження пошуку на Кроці 4.

Крок 4. ОПР вручну за даними, отриманими на Кроці 3, проводить пошук таких варіантів, які можуть бути отримані після зміни порядків в трьох конкурентних точках. По кращому загальному максимальному часу, що залишився, на виконання всіх замовлень визначається сума відхилень встановленого порядку d_s від кращої відповідної послідовності. ОПР, використовуючи значення d_s , вручну проводить пошук таких порядків, у яких сумарне значення d_1 , d_2 і d_3 буде менше d_s . Для продовження пошуку ці дані

необхідно очистити шляхом натиснення кнопки «Очистка». Для пошуку кращої послідовності спочатку фіксується конкурентна точка з мінімальним значення d , а потім послідовно фіксується друга і третя конкурентні точки з мінімальним значенням d . Потім значення d при фіксації чергової точки підсумовуються і порівнюються зі значенням d_s отриманим на Кроці 3. При цьому повинна виконуватися умова, при якій d_s має бути завжди більше, для чого він перебирає всі варіанти запуску, що задовольняють заданим умовам. Як показує практика, таких варіантів зазвичай буває від 3 до 5, тому перебирання цих варіантів триває не довше 1-2 хвилин. Якщо варіант визначення послідовності порядків запуску, що задовольняє умовам виконання замовлень, знайдений, то значення загального часу, що залишився, виконання замовлень порівнюється з аналогічним значенням, отриманим на Кроці 3. При цьому вибирається та послідовність, у якій час, що залишився, більший.

Таким чином, перевагою використання розробленого програмного засобу «Модуль прецедентного управління» є те, що ОПР може здійснювати вибір порядків запуску бізнес-процесів, виходячи з умов і обмежень, які неможливо було передбачити. Крім того, вона в режимі just in time, автоматично здійснює коригування отриманих варіантів, виходячи зі змінених попередніх або нових, що з'явилися, умов запуску наскрізних бізнес-процесів, отримуючи відповідні результати обчислень з урахуванням поточних умов для подальшого аналізу і вибору кращого варіанту.

Результати досліджень

Порівняння традиційного і двоконтурного процесу отримання ОПР з використанням розробленого програмного засобу «Модуль прецедентного управління» кращого «керуючий вплив», у вигляді оптимальних послідовностей порядків проходження всіма замовленнями (наскрізних бізнес-процесів) конкурентних точок при управлінні наскрізними бізнес-процесами, представлено в табл. 4. В даній таблиці відображені підсумкові результати щодо життєвого циклу трьох замовлень (книги, брошури та журналу). По кожному замовленню представлені всі дані, необхідні для відображення часу, що залишився, виконання. Фактично ці дані відображають зміст варіантів «керуючий вплив» щодо проходження цих замовлень по всіх 7 конкурентних точках. Після реалізації отриманого «керуючий вплив» і отримання необхідних результатів це «керуючий вплив», разом з описом поточного прецеденту, зберігається в базі даних ІС для його використання при управлінні аналогічними замовленнями.

Кращою послідовністю порядків запуску цих наскрізних бізнес-процесів за відповідними контрольними точками є послідовність з сумарним часом, що залишився, рівним 20 (0 – для книги, 4 – для брошури і 16 – для журналу).

Аналогічно описаному вище прикладу, для підтвердження ефективності розробленого програмного засобу покажемо його застосування на прикладі

виконанні нового замовлення, конкуруючого за загальні ресурси з деякими з 14 інших замовлень. На відміну від прикладу з трьома замовленнями, склад замовлень у відповідній конкурентній точці визначається видом необхідного для них того чи іншого ресурсу. Так само, як і в першому прикладі, обов'язковою умовою знаходження кращого «керуючий вплив» для всіх замовлень є їх виконання в установлені за договорами терміни, і сумарний час, що залишився, для них має бути максимальним.

Таблиця 4 – Дані про проходження замовлень при кращому варіанті

Kod BP	Kod processes	Priority	Name BP	Time process	Time general	Time waiting	Time end	Time left
1	1	1	book	4	120	0	4	116
1	2	3	book	10	120	13	23	93
1	3	1	book	10	120	0	10	83
1	5	3	book	14	120	17	31	52
1	6	3	book	12	120	10	22	30
1	7	2	book	9	120	5	14	16
1	8	2	book	12	120	4	16	0
Total: book							120	0
2	1	2	brochure	8	110	4	12	98
2	2	2	brochure	8	110	5	13	85
2	3	3	brochure	8	110	16	24	61
2	5	2	brochure	10	110	7	17	44
2	6	2	brochure	6	110	4	10	34
2	7	3	brochure	12	110	14	26	8
2	8	1	brochure	4	110	0	4	4
Total: brochure							106	4
5	1	3	magazine	10	100	12	22	78
5	2	1	magazine	5	100	0	5	73
5	3	2	magazine	6	100	10	16	57
5	5	1	magazine	7	100	0	7	50
5	6	1	magazine	4	100	0	4	46
5	7	1	magazine	5	100	0	5	41
5	8	3	magazine	9	100	16	25	16
Total: magazine							84	16

У таблиці 5 наведені дані результатів розрахунків з використанням засобів традиційного оперативного управління наскрізними бізнес-процесами.

Таблиця 5 – Дані про час виконання замовлень отримані з використанням засобів традиційного оперативного управління

Засоби традиційного оперативного управління	Замовлення									
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
Час за договором	120	110	100	70	80	75	90	96	95	80
Час фактичний	134	96	74	60	88	65	85	109	89	71
Час, що залишився	13	14	26	10	-8	10	5	-13	6	9

З представлених в даній таблиці результатів видно, що деякі замовлення мають негативні значення часу, що залишився. Наявність негативного часу вказує на запізнювання виконання замовлення, що свідчить про невиконання замовлення в термін. Це означає, що призначені раніше вимоги при виконанні

портфеля замовлень не були виконані. Невиконання портфеля замовлень призводить до штрафних санкцій, втрати прибутку, розриву укладених договорів, падіння іміджу підприємства тощо.

Зміну величини штрафів, в залежності від збільшення часу запізнювання виконання замовлень, представлено в таблиці 6. Для прикладу, штраф за одну годину запізнювання складає 300 грн.

Таблиця 6 – Штрафи за несвоєчасне виконання замовлень

Вр. запаздывания ч.	Штраф грн.
1	300
2	1200
3	2700
4	4800
5	7500
6	10800
7	14700
8	19200
9	24300
10	30000
11	36300
12	43200
13	50700
14	58800

Зміну штрафів, в залежності від часу запізнювання, за даними цієї таблиці, показано на графіку, представленому на рис. 2.

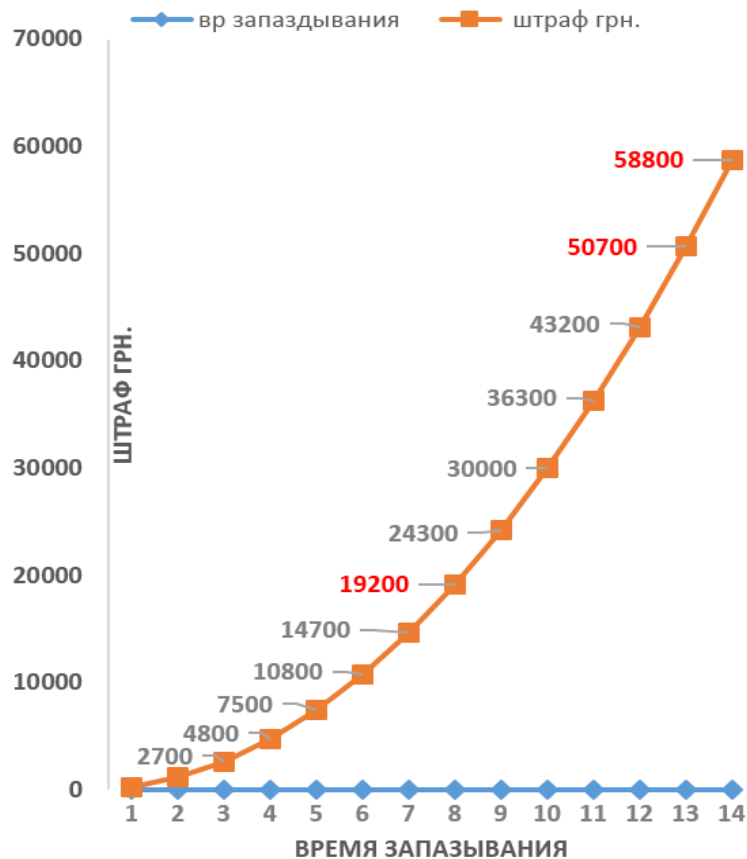


Рисунок 2 – Графік зміни штрафів в залежності від часу запізнювання

На графіку показано значне зростання величини штрафів залежно від збільшення часу запізнювання.

Ця обставина підтверджує необхідність переходу до прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами для мінімізації таких відхилень, що досягається застосуванням програмного засобу «Модуль прецедентного управління».

В таблиці 7 представлені підсумкові дані про час виконання замовлень отримані з використанням програмного засобу «Модуль прецедентного управління».

Таблиця 7 – Дані про час виконання замовлень, отримані з використанням програмного засобу «Модуль прецедентного управління»

Засіб «Модуль прецедентного управління»	Закази									
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
Час за договором	120	110	100	70	80	75	90	96	95	80
Час фактичний	120	106	84	60	72	70	75	94	90	76
Час, що залишився	0	4	16	10	8	5	15	2	5	4

Для наочності, за даними таблиці 5 і таблиці 7 розроблена гістограма, представлена на рисунку 3. Такі гістограми дають можливість ОПР оперативно оцінювати стан виконання кожного замовлення і при необхідності коригувати черговий порядок запуску бізнес-процесів для знаходження оптимального «керуючий вплив» після проходження кожного прогону.

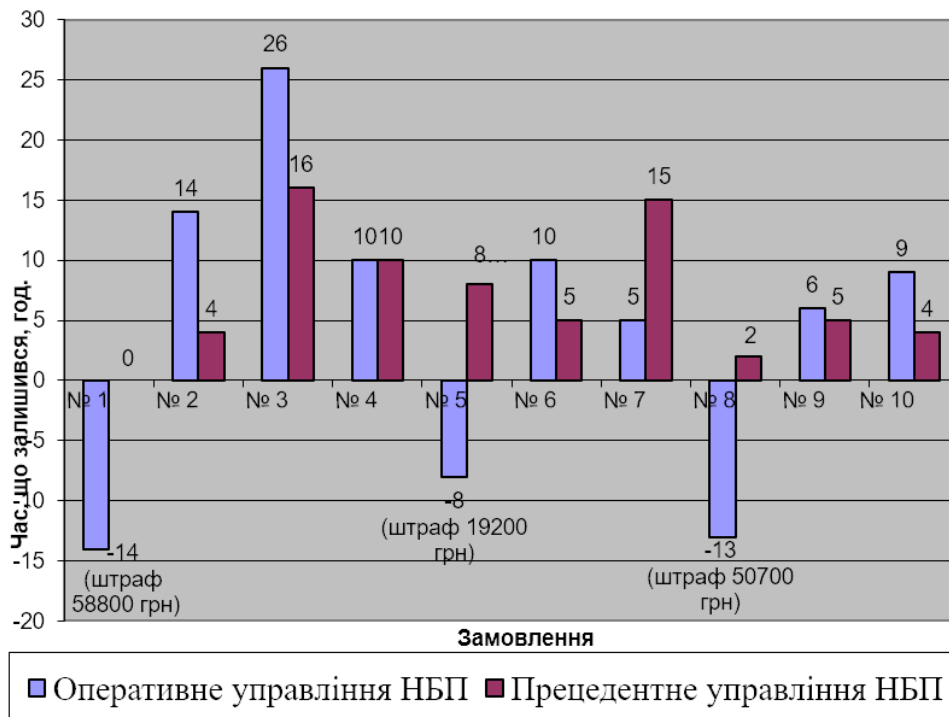


Рисунок 3 – Порівняння оперативного та прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами

Використання прецедентного управління забезпечило своєчасне виконання наскрізних бізнес-процесів, тоді як при використанні лише контуру

оперативного управління бізнес-процесами три процеси завершилися би із запізненням, що привело б до суттєвих фінансових втрат внаслідок штрафних санкцій. Отриманий в результаті використання двоконтурного управління резерв часу складає не менше 8% від загального часу виконання бізнес-процесів, що дає можливість розширити портфель замовлень та реалізувати додаткові процеси при використанні тих самих спільних ресурсів.

Впровадження технології прецедентного управління при розробці групи програмних проектів з комплексної автоматизації страхових компаній забезпечило скорочення витрат часу на реалізацію таких проектів за рахунок раціонального використання трудових ресурсів представлені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Порівняльна таблиця виконання робіт за допомогою оперативного та прецедентного управління НБП

Время	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15
Оперативне управління НБП	83	112	110	104	85
Прецедентне управління НБП	68	95	100	82	80
Час заощаджений, год.	15	17	10	12	5
Час заощаджений, %.	22,06	17,89	10,00	14,63	6,25

Зменшення витрат часу при одночасному виконанні робіт за п'ятьма проектами відображено на рис. 4.



Рисунок 4 – Скорочення витрат часу на виконання програмних проектів при використанні прецедентного управління

Застосування розроблених методів і моделей, що використовують прецедентний підхід, дало можливість скоротити витрати часу на виконання кожного проекту від 6,25% до 22.06%.

Висновки

1. Проведено реалізацію моделей та інформаційної технології побудови прецедентів групи наскрізних бізнес-процесів на прикладі поліграфічного підприємства на основі даних, отриманих з логу подій. В результаті отримано прецедент, що описує на по дієвому рівні групу наскрізних бізнес-процесів.

2. Розроблено алгоритм знаходження «керуючий вплив» у вигляді встановлення пріоритетів запуску кожного бізнес-процесу в конкурентних точках за критерієм мінімального часу очікування їхнього доступу до необхідних ресурсів. Для його реалізації розроблено схему алгоритму, а для опису використані регулярні вирази алгебри подій (РВАП).

3. Розроблено програмний засіб «Модуль прецедентного управління», основним призначенням якого є підтримка процесу отримання ОПР різних варіантів Рішень з управління наскрізними бізнес-процесами у вигляді встановлення пріоритетів їх запуску.

4. Проведено порівняння традиційного і двоконтурного процесу отримання «керуючий вплив» при управлінні наскрізними бізнес-процесами, яке довело, що застосування розроблених методів, моделей та інформаційних технологій при прецедентному управлінні дало можливість своєчасно виконати замовлення, отримати резерв часу, що дає можливість розширити портфель замовлень та реалізувати додаткові процеси при використанні тих самих спільних ресурсів.

Список літератури.

1. Levykin, I.V., & Chalyj, S.F. (2017). *Metody, modeli i informacionnye tekhnologii processnogo upravleniya poligraficheskim proizvodstvom: monografiya*. Н.: FOP «Panov A.M.».

2. Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., & Bogatov, Ie. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-Europen Journal of Enterprise Technologies*, 2/3(104), 22-29.

3. Petrichenko, A., Levykin, I., & Iuriev, S. (2021). Improvement of the method of selecting it-services for the operated information. *Eastern-Europen Journal of Enterprise Technologies*. № 2/2(110), 32-43.

4. Chalyi, S., Levykin, I., & Guryev, I. (2020). Model and technology for prioritizing the implementation end-to-end business processes components of the green economy. *Acta Innovations*. ISSN 2300-5599. 2020, (35), 65-80.

5. Chalyi, S., Levykin, I., Petrychenko, A., & Bogatov, I. (2018). Causality-based model checking in business process management tasks. *IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies DESSERT'2018*, 453-458. doi: 10.1109/DESSERT.2018.8409176.