

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами»

за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»,
освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

Виконавець роботи: студент групи ІТ-71-9 Рудик Віталій Віталійович

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

«__» _____ 2021 р.

Науковий керівник _____

(підпис)

д.т.н., проф., Лавров Є. А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Голова комісії _____

(підпис)

Шифрін Д. М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Суми-2021

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція інформаційних технологій проектування
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. секцією ІТП

_____ В. В. Шендрик
«__» _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Рудик Віталій Віталійович

1 Тема роботи Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами

керівник роботи Лавров Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор,

затверджені наказом по університету від «14» квітня 2021 р. №0181-VI

2 Строк подання студентом роботи «7» червня 2021 р.

3 Вхідні дані до роботи Літературні джерела з питань ергономіки людино-машинних систем, інструкції, щодо діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз предметної області; Постановка задачі та аналіз методів дослідження; Моделювання інформаційної технології; Розробка інформаційної технології моделювання діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Об'єкт, предмет, мета та гіпотеза; Актуальність і передумови досліджень; Вибір базового методу моделювання діяльності; Функціональна мережа як засіб опису діяльності; Принцип редукції функціональної мережі; Приклади математичних моделей; Функціональні вимоги; Моделювання інформаційної технології; Програмна реалізація; Реалізація довідників; Опис ФМ в інформаційній технології; Приклад оцінювання АФ; Виявлення ТФС; Редукція ФМ; Збереження результатів; Результати оцінки АФ; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7.Дата видачі завдання 01.10.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ініціювання проекту	05.04.2021-12.04.2021	
2	Планування проекту	13.04.2021-22.04.2021	
3	Реалізація інформ. технології	23.04.2021-20.05.2021	
4	Тестування інформ. технології	20.05.2021-21.05.2021	
5	Моделювання діяльності	22.05.2021-31.05.2021	
6	Завершення проекту	01.06.2021-06.06.2021	

Студент

(підпис)

Рудик В.В.

Керівник роботи

(підпис)

д.т.н., проф. Лавров Є.А.

РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами».

Мета роботи: Розробити інформаційну технологію моделювання діяльності операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами, яка має забезпечувати розрахунок кількісних показників алгоритму функціонування.

Кваліфікаційна робота виконана в декілька етапів. Спочатку, було проаналізовано предметну область, розглянуто останні дослідження і публікації, а також програмні продукти-аналогі. На другому етапі визначено задачі та цілі розробки і обрано метод для опису алгоритму функціонування. Третій етап включає в себе безпосередньо реалізацію інформаційної технології для моделювання діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами за допомогою попередньо створених математичних моделей. Останнім етапом є моделювання виконання функції прийняття заявки різними операторами при спрацюванні сигналізації за допомогою розробленої інформаційної технології.

Проект містить 121 сторінку, 33 рисунки, список літератури - 40 найменувань, 11 додатків.

Ключові слова: ергономіка, автоматизація, моделювання; оператор; математичні моделі; функціональна мережа; алгоритм; надійність; ймовірність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 Аналіз діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами	9
1.2 Огляд останніх досліджень і публікацій.....	12
1.3 Аналіз програмних продуктів – аналогів	13
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	15
2.1 Мета та задачі дослідження	15
2.2 Вибір методів дослідження.....	16
2.3 Функціонально-структурна теорія ерготехнічних систем.....	19
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	20
3.1 Структурно-функціональне проектування.....	20
3.2 Моделювання варіантів використання	23
4 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПУЛЬТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОБ'ЄКТАМИ	25
4.1 Розробка моделей виявлення типових функціональних структур	25
4.2 Алгоритм редукції	30
4.3 Програмна реалізація інформаційної технології.....	32
4.4 Реалізація процедур оцінювання діяльності операторів централізованого пульту спостереження за об'єктами.....	38
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТОК А. Технічне завдання	60

ДОДАТОК Б. Планування робіт.....	67
ДОДАТОК В. Аналіз способів опису ЛМС.....	72
ДОДАТОК Г. Перелік ТФО	80
ДОДАТОК Д. Перелік ТФС	82
ДОДАТОК Е. Показники для обчислення характеристик алгоритму	85
ДОДАТОК Ж. Модуль введення опису ФМ	86
ДОДАТОК З. Модуль виділення ТФС.....	89
ДОДАТОК К. Модуль редукції ФМ.....	104
ДОДАТОК Л. Модуль порівняння результатів.....	113
ДОДАТОК М. Копії публікацій.....	116

ВСТУП

Актуальність. Автоматизація процесів роботи людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами може ускладнювати його діяльність. Наявність впливових факторів призводить до аварійних ситуацій, зниження якості роботи, погіршення умов праці.

Об'єкт дослідження. Діяльність людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами.

Предмет дослідження. Математичні моделі та інформаційні технології розрахунку показника діяльності оператора.

Наукова новизна. На відміну від інтуїтивних методів забезпечення діяльності операторів запропоновані моделі інформаційної технології засновані на формальних моделях, які забезпечують оцінювання варіантів ефективності діяльності з урахуванням всіх факторів, що впливають на оператора.

Гіпотеза дослідження. Якщо проаналізувати діяльність оператора централізованого пульта спостереження, побудувати математичні моделі діяльності і реалізувати автоматизовані процедури оцінювання показників діяльності, можна варіюючи значеннями факторів, що впливають, зменшити шанс на помилку оператора при виконанні операцій, забезпечивши таким чином задану ефективність роботи і умови праці на робочому місці.

Мета. Розробити інформаційну технологію моделювання діяльності операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами.

Основні задачі. Проаналізувати предметну область, оглянути останні дослідження, та провести аналіз продуктів – аналогів, визначити засоби реалізації й вимоги, розробити моделі для моделювання діяльності оператора ЦПС, розробити, протестувати та ввести в експлуатацію інформаційну систему для

можливості автоматизовано оцінювати показники надійності і часу алгоритму функціонування оператора.

Практичне значення. Використання інформаційної технології в централізованих пультах спостереження забезпечує швидкий онлайн аналіз ефективності роботи по виявленню і усуненню проблемних ситуацій.

Апробація результатів: Результати доповідались на науково технічній конференції «Інформатика Математика Автоматика», м. Суми: СумДУ, 19-23 квітня 2021.

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 2 наукові роботи (копії додаються).

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами

Останнім часом перед охоронними підрозділами гостро стоїть проблема збереження цілісності матеріальних і культурних цінностей на об'єктах власності. Найбільш надійною і економічно вигідною формою захисту майна від крадіжок визнана охорона об'єктів за допомогою технічних засобів, об'єднаних в систему охоронної сигналізації [1]. Забезпечення надійного захисту охоронюваних об'єктів з одночасним скороченням виробничих витрат, що виділяються на охорону, стало можливим тільки при створенні системи охорони, організованої з централізованого принципом, що в свою чергу дозволило обслуговувати більшу кількість об'єктів власності. Подальше розширення сектора охоронних послуг можливо шляхом організації охорони просторово-розподілених об'єктів (гаражних і дачних кооперативів, складів, територій заводів) і підвищення ефективності управління силами і засобами підрозділів охорони, підвищення якості підготовки фахівців [2].

Реалізація зазначених напрямів розвитку служби охорони можлива шляхом застосування математичних методів для вирішення різних аналітичних завдань і створення імітаційних моделей, що дозволить оптимізувати використання сил і засобів підрозділів охорони. Підвищення якості та ефективності розроблюваних систем, скорочення термінів проектування, витрат на їх розробку і впровадження є найважливішими завданнями в даний час. Для роботи з такими системами потрібна підготовка фахівців вищого рівня, які володіють потрібними знаннями і навичками та здатні удосконалити управління діяльністю підрозділів охорони. У цих умовах

особливого значення набуває пошук нових підходів до підвищення ефективності управління процесом навчання особового складу охорони та інших робітників таких організацій з орієнтацією на їх безпомилковість, своєчасність, точність в протидії несанкціонованому проникненню порушників на об'єкти власності та створення навчальних систем з механізмом їх управління [3].

Оператори централізованого пульта спостереження за об'єктами є одними з найголовніших підрозділів в роботі спеціалізованих установ, покликаних реагувати на екстремальні ситуації, що відбуваються в приватних квартирах, будинках і організаціях. Приймаючи дзвінки і сигнали про події на об'єктах, що охороняються, вони змушені працювати під безперервним емоційним пресингом. Оператор повинен приймати сигнали, класифікувати їх за важливістю, обробляти в залежності від інструкції, відправляти екіпаж затримання на об'єкт, забезпечити перезакриття об'єкта уповноваженими особами, своєчасно оповіщати клієнтів про спрацювання сигналізації, оперативно аналізувати і описувати ситуацію [4]. Від них вимагається в будь-яких умовах, зберігаючи холонокровність, організувати ефективну комунікативну взаємодію, отримувати необхідні відомості, виважено оцінити ситуацію, заспокоїти тих, хто звернулись за допомогою, дати їм необхідні поради, передати інформацію за призначенням. Велика кількість задач і параметрів, що контролюються оператором ускладнюють процес спостереження за об'єктами.

Робоче місце одного оператора централізованого пульта спостереження (рис. 1.1) являє собою три комп'ютера, до кожного з яких приєднана мишка й клавіатура, на моніторах цих комп'ютерів запуснені програми, що мають карти міста й області з об'єктами, які охороняються [5]. Можливості оператора дуже великі, можна побачити інформацію про об'єкт, планування, власника об'єкту, вільні екіпажі та їх місце знаходження, моніторити стан об'єктів, деякі навіть вручну налаштовувати. Поруч знаходяться декілька телефонів та рацій, що дають змогу швидко виконувати

комунікативні функції: прийом сигналів, передача інформації екіпажам, виклик додаткових служб на адресу об'єкту, оповіщення власника про ситуацію, тощо.

На перший погляд нічого важкого в роботі оператора не має, майже всі процеси автоматизовані, все необхідне є під рукою. Але оператори повинні швидко і безпомилково реагувати на екстремальні ситуації, які пов'язані з охороною та забезпеченням ефективного функціонування промислових об'єктів, фінансових установ, також приватної власності громадян. Велика кількість задач і параметрів, що контролюються оператором ускладнюють процес спостереження за об'єктами. Мають місце великі збитки від проблем так званого людського фактору. Помилка в діяльності операторів або несвоєчасне виконання необхідних функцій реагування можуть коштувати дуже дорого.



Рисунок 1.1 – Робоче місце оператора

1.2 Огляд останніх досліджень і публікацій

Моделювання діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами є однією з задач дослідження предметної області “Ергономіка людино-машинних систем”. Шляхом опитування вчених, що працюють в області ергономіки [6] та аналізу сучасних досліджень [7, 8] були визначені такі пріоритетні задачі:

- методологія;
- біомеханіка та психофізіологія;
- сприйняття інформації, мислення, прийняття рішень;
- організаційні і психологічні фактори;
- робоче середовище;
- моделювання діяльності операторів;
- оцінка надійності.

Однією з найпопулярніших є саме моделювання діяльності [9,10] (теорія діяльності А.Н. Леонтьєва і С.Л. Рубінштейна), а також функціонально-структурна теорія А.І. Губінського, В.І. Євграфова, П.І. Падерно, П.П. Чабаненко, А.Т. Ашєрова та інших [11-13].

Багато хто в своїх роботах вже досліджував діяльність людини в автоматизованих системах [14-24], наприклад, Ашєров А.Т. розглядав операціоніста банку і оператора системи безпеки, Федотов Д.К., Буров А.Ю. – оператора автоматизованої системи управління технологічним процесом, Лавров Є.А. – оператора комплектувальника, Ісаєнко С.Г., Лавров Є.А. – оператора АСУ ГПС механо-обробки, Губінський А.І., Євграфов В.Г., Кобзєв В.В. – оператора судових систем, Ізотова Е.А. – оператора зварювального виробництва, Бояркін М.А. – оператора нафто-газопромислу, Чабаненко П.П. – оператора систем спеціального

призначення, та інші. Але всі ці дослідження та розробки не можуть бути використані для моделювання діяльності оператора централізованого пульту спостереження за об'єктами оскільки мають деякі недоліки:

- орієнтовані на незмінну функціональну структуру системи;
- не орієнтовані на використання моделей поточного стану системи;
- не враховують можливості порушення алгоритму роботи оператором, що може призвести до різних збитків;
- не дають можливості швидко отримати оцінку надійності реалізації різних варіантів діяльності оператора.

1.3 Аналіз програмних продуктів – аналогів

З розвитком автоматизації людино-машинних системи (ЛМС) стало актуально досліджувати надійність роботи людини в таких системах. Оцінка алгоритму роботи людини-оператора дає змогу порівняти часові та надійнісні характеристики діяльності, оптимізувавши роботу і зменшивши шанс на помилку саме людини. На основі робіт проф. А.І. Губінського розроблялась концепція «Автоматизованої системи наукових досліджень, проектування та випробувань (АСНДПВ) ЛМС. На жаль, з ряду причин, розробка не стала окремим, цільним продуктом, а лише обмежилася створенням окремих фрагментів АСНДПВ. Серед інших засобів автоматизованої оцінки ЛМС [25, 26, 27, 28] – розробки Адаменка А.Н. («МАСТАК»), Е.Б. Цоя й М.Г. Грифа, Є.А. Лаврова й А.В. Кошмана, А.П. Ротштейна, С.Д. Штовби та ін. Ці програмні засоби могли бути використані для деяких завдань оцінки й оптимізації алгоритмів діяльності операторів. Але основний їх недолік – це те, що вони є застарілими, адже розроблені для застарілого

програмного і апаратного забезпечення, що робить їх практично недоступними для сучасних ПК.

Серед сучасних розробок, які можуть бути проаналізовані в якості продуктів аналогів, можна виділити роботу Лаврова Є.А. - задача оптимального розподілу функцій між оператором й автоматикою [29], а також роботу Н.Б. Пасько - задача оптимального розподілу функцій між операторами поліергатичних систем [30]. У праці Є.А. Лаврова [29] розглянуті завдання з обмеженням щодо ймовірностей на час виконання. У роботі [30] автор намагався класифікувати розв'язані задачі на оптимізацію людино-машинних систем і створити з цього базу даних. Але обидві праці мають декілька недоліків, в програмах відсутні можливості вибору одного з декількох можливих (альтернативних) алгоритмів, що враховують особливості діяльності людини-оператора, і також відсутні моделі, які дають змогу швидко змінювати (залежно від поточних результатів діяльності) структуру алгоритмів людино-машинної взаємодії.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Мета та задачі дослідження

В роботі досліджується такий складний специфічний об'єкт, який має офіційну назву централізований пульт спостереження за об'єктами. Такі пульти створюються державою, а також часто приватними фірмами для так званої охорони об'єктів від різноманітних порушень. Оскільки останнім часом напруженість людей, які забезпечують діяльність таких пультів, дуже зросла, то була поставлена задача розробити таке програмне забезпечення, яке б підтримувало діяльність операторів цих пультів. Програмна технологія повинна моделювати можливі варіанти діяльності операторів і на основі аналізу альтернативних шляхів виконання заявок пропонувало раціональний спосіб діяльності відповідних операторів.

У зв'язку з тим, що час на прийняття рішень жорстко обмежений, оператор-керівник повинен максимально швидко аналізувати процеси, що виникають при людино-машинній взаємодії, стає потреба аналізувати в автоматичному режимі, без втручання людини. Через це з'явилась необхідність в розробці нової мови опису функціональної мережі (ФМ). Також, повинні бути доповнені математичні моделі, що дозволяють аналізувати і розпізнавати типові функціональні мережі (ТФМ), для забезпечення автоматичного аналізу і оцінювання ФМ. Необхідно розробити спосіб, за яким буде відбуватись розпізнавання типових функціональних структур (ТФС) для забезпечення процедури редукції ФМ, описаної моделлю.

Оскільки вхідними даними будуть показники надійності і час виконання лише окремих операцій, то для того, щоб на виході отримати і оцінити показники для введеного кінцевого алгоритму діяльності оператора треба реалізувати процес автоматичного згортання ФМ (редукцію). Таким чином, для реалізації мети необхідно виконати такі задачі:

- дослідження та вибір методів реалізації;
- реалізація можливості введення окремих операцій алгоритму у вигляді типових функціональних одиниць (ТФО);
- реалізація механізму розпізнавання ТФС;
- реалізація процесу згортання ФМ;
- обстеження алгоритму роботи оператора;
- формальний опис послідовності дій оператора;
- побудова моделей алгоритмів діяльності;
- формування даних про час і безпомилковість виконання оператором окремих операцій;
- оцінка альтернативних варіантів діяльності;
- розробка рекомендацій по організації діяльності операторів.

2.2 Вибір методів дослідження

Для реалізації інформаційної системи, яка б забезпечувала розрахунок основних показників і оцінку роботи оператора необхідно обрати базовий метод моделювання діяльності. Існує багато способів описати процеси функціонування людино-машинних систем (ЛМС) [31, 32, 33, 34]:

- логічні системи (формальні граматики, мережі Петрі, алгоритмічні моделі);
- алгебраїчні системи (марковські та напівмарковські процеси)
- мовно-алгебраїчні системи (мережі передування, PERT, GERT, МКШ мережі, функціональні мережі).

Формальні граматики дають можливість описувати лише послідовний процес функціонування алгоритмічної системи, без можливості вказувати паралельні й альтернативні варіанти діяльності, цикли.

Мережами Петрі [35] описують системи в яких елементи можуть взаємодіяти паралельно і асинхронно. В більшості випадків даний апарат використовується для виявлення вузьких місць в системі або потенційних аварійних ситуацій.

Алгоритмічні моделі як і формальні граматики [36] також не мають можливості описувати паралельно функціонуючі елементи, а лише послідовні, що є значним недоліком при моделюванні діяльності.

Основним недоліком вище-вказаних методів опису функціонування ЛМС є те, що вони не дають можливості отримати кількісну оцінку показників надійності та ймовірності функціонування системи.

Серед алгебраїчних систем для опису функціонування ЛМС можна відзначити марковські та напівмарковські процеси [37, 38]. Ці методи вже дають змогу працювати з кількісними показниками надійності та часу, проте мають деякі недоліки при описі логіки алгоритму функціонування: немає можливості працювати з паралельно функціонуючими елементами, а цикли мають обмежену кількість ітерацій.

За допомогою мовно-алгебраїчних систем також можна описати та оцінити модельовані процеси. До таких систем відносяться мережі передування (МП), метод критичного шляху (МКШ), PERT і GERT [39], при цьому опис алгоритму функціонування відбувається за допомогою графа подій. Ці мережі також дають

можливість розрахувати час виконання всього алгоритму, за допомогою методів PERT і GERT можна визначити ще й математичне очікування та дисперсію часу виконання всього процесу. У мережах МКШ і PERT слабка логіка опису діяльності, немає можливості використовувати цикли, в МП і GERT цикли доступні. З аналізу зрозуміло, що дуже гарні можливості має метод GERT, проте при його використанні для отримання необхідних показників операцій необхідно виконувати дуже складні розрахунки, що є значним недоліком в порівнянні з іншими методами.

Функціональна мережа, що використовується в функціонально-структурній теорії ерготехнічних систем [40] для опису алгоритму функціонування дає можливість описувати процеси виконання і процеси прийняття рішень. За допомогою функціональних мереж можна описувати паралельно взаємодіючі елементи, цикли, як з обмеженою кількістю ітерацій так і ні, працювати з функціями алгебри логіки “І”, “АБО” та інші. Опис логіки відбувається за допомогою типових функціональних одиниць (ТФО), до них відносяться функціонери, які означають реальну елементарну операцію чи дію, та композиціонери – фіктивні дії й операції. Розрахунок необхідних показників ймовірності та часу алгоритму функціонування відбувається за допомогою отриманих аналітичних виразів для різних комбінацій так званих типових функціональних структур (ТФС), що замінюються типовими функціональними одиницями. Такий підхід полегшує всі розрахунки, спрощуючи постійно алгоритм до тих пір, поки всі ТФС не будуть замінені на ТФО. Враховуючи всі переваги й недоліки методів, було обрано саме функціональні мережі для опису алгоритму функціонування діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об’єктами.

З більш детальним аналізом методів, що можуть бути використані для опису і оцінки процесів функціонування ЛМС можна ознайомитися в додатку В.

2.3 Функціонально-структурна теорія ерготехнічних систем

Для формалізованого опису алгоритму діяльності необхідного для введення інформації в інформаційну систему була обрана мова опису функціональних мереж. Ефективність і надійність такого алгоритму отримується завдяки обчисленню кількісних показників ймовірності та часу для певних груп операцій. За допомогою цих обчислень можна перевіряти відповідність показників виконання алгоритму встановленим нормам, аналізувати вплив показників окремих операцій на результат виконання всього алгоритму, порівнювати різні варіанти алгоритмів та обирати найбільш оптимальний.

При описі процесів функціонування ЛМС в функціонально-структурній теорії ерготехнічних систем кожна окрема, елементарна операція алгоритму є типовою функціональною одиницею, їх перелік наведено в додатку Г. Для обчислення показників ймовірності та часу для всього алгоритму необхідно виконати заміну ТФО, що часто повторюються на відповідні їм типові функціональні структури, цей процес називаються редукцією. З переліком ТФС можна ознайомитися в додатку Д.

Для обчислення основних надійнісних та часових характеристик алгоритму функціонування використовуються три групи показників: група результуючих показників, група вихідних показників та група проміжних показників. Детальна інформація про показники та їх значення наведена в додатку Е.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

3.1 Структурно-функціональне проектування

Для розуміння основного процесу реалізації моделювання людини-оператора централізованого пульта спостереження було створено IDEF0 діаграму. Вона призначена для моделювання рішень, дій чи діяльності організації або системи для аналізу та передачі функціональної перспективи системи. IDEF0 допомагає розробнику визначити, які функції виконуються, що потрібно для виконання цих функцій, що система робить правильно, а що робить неправильно. Кожна діаграма показує функції та потоки даних між ними. Функції відображаються у вигляді прямокутників. Значення потоку визначається в залежності з якою стороною прямокутника він пов'язаний: ліва сторона, потік є входом у функцію (I); Верхня сторона, потік є контролем або обмеженням роботи функції (C); Права сторона, потік є виходом від функції (O); Нижня сторона - це механізм або ресурс, що використовуються функцією (M); У сукупності їх часто називають потоками ICOM. Загалом, існує однакове правило збереження даних між функціями на вищому рівні та розширенням функції в діаграму нижчого рівня.

IDEF0 діаграма проекту зображена на рисунку 3.1. На діаграмі можна бачити, що для виконання основної функції проекту, необхідно в якості входу мати елементарні операції діяльності оператора, та характеристики часу та надійності виконання оператором окремих операцій. Контролюється процес технічним завданням, математичними моделями та апаратом функціональних мереж професора Губінського. Реалізувати основний процес допоможе програмне та

апаратне забезпечення, на виході операції будуть отримані кількісні показники всього алгоритму та рекомендації по організації діяльності операторів.

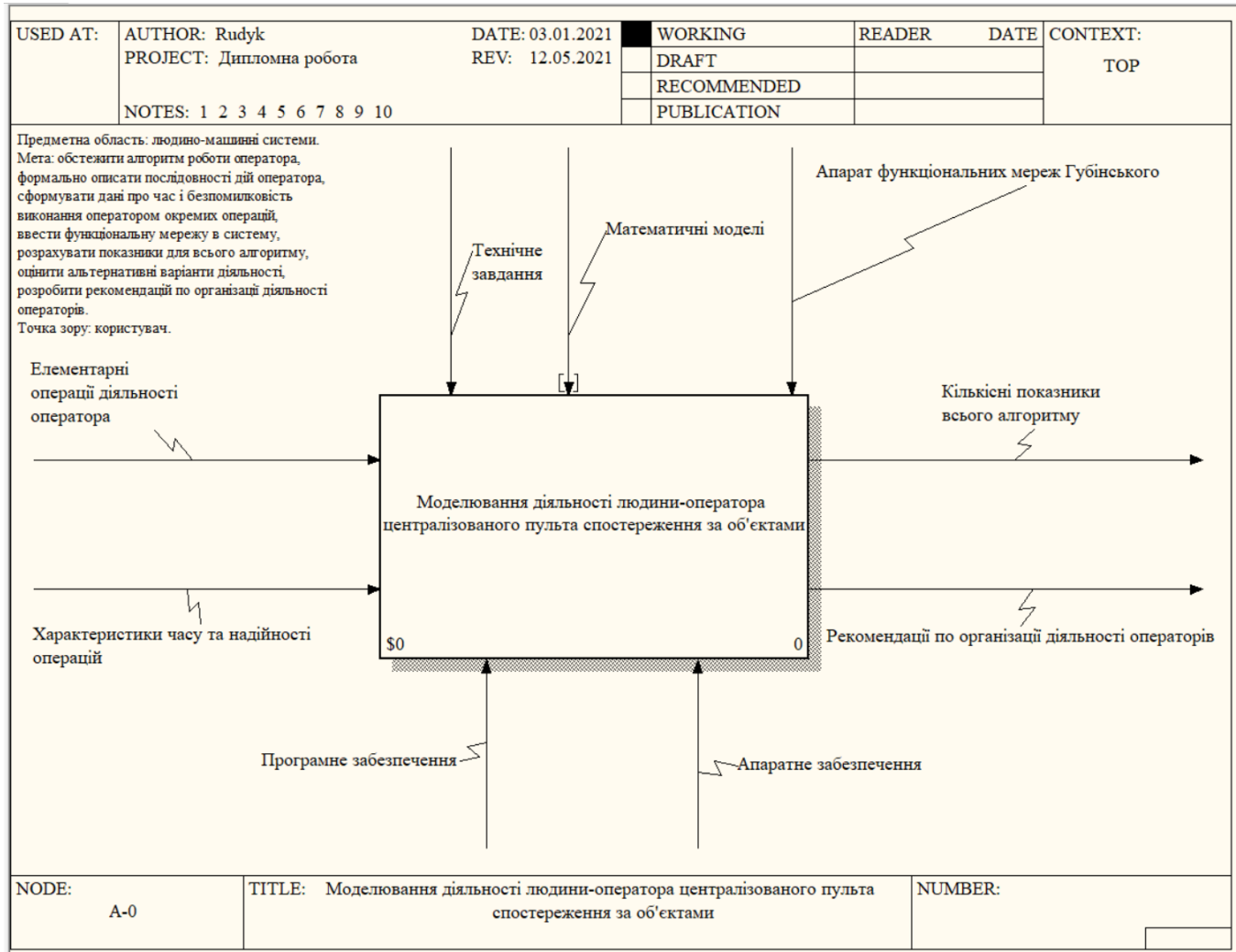


Рисунок 3.1 – IDEF0

Для більш детального опису основного процесу було створено декомпозицію нижнього рівня (рис. 2.2). Перше, що необхідно зробити – це побудувати функціональну мережу за алгоритмом діяльності оператора, для цього необхідно в якості входу мати елементарні операції діяльності оператора, контролюється процес технічним завданням та апаратом функціональних мереж Губінського, на

виході отримуються функціональна мережа алгоритму діяльності. Наступним процесом є введення опису ФМ в інформаційну систему у вигляді типових функціональних одиниць, входом є характеристики часу та надійності кожної операції та результат попереднього процесу, тобто побудована ФМ, контролюється процес технічним завданням та апаратом функціональних мереж Губінського. Далі необхідно виявити серед типових функціональних одиниць комбінації типових функціональних структур, входом є введені типові функціональні одиниці, отримані з попереднього процесу, контроль виконується технічним завданням, математичними моделями та апаратом функціональних мереж Губінського, на виході отримуються виявлені типові функціональні структури. Останнім процесом в декомпозиції нижнього рівня є редукція виявлених ТФС з паралельними розрахунками показників алгоритму. входом є ТФС, отримані з попереднього процесу, контроль виконується апаратом функціональних мереж Губінського, математичними моделями та технічним завданням, на виході будуть отримані кількісні показники алгоритму діяльності оператора та рекомендації щодо його діяльності. Всі процеси декомпозиції виконуються з використанням апаратного та програмного забезпечення.

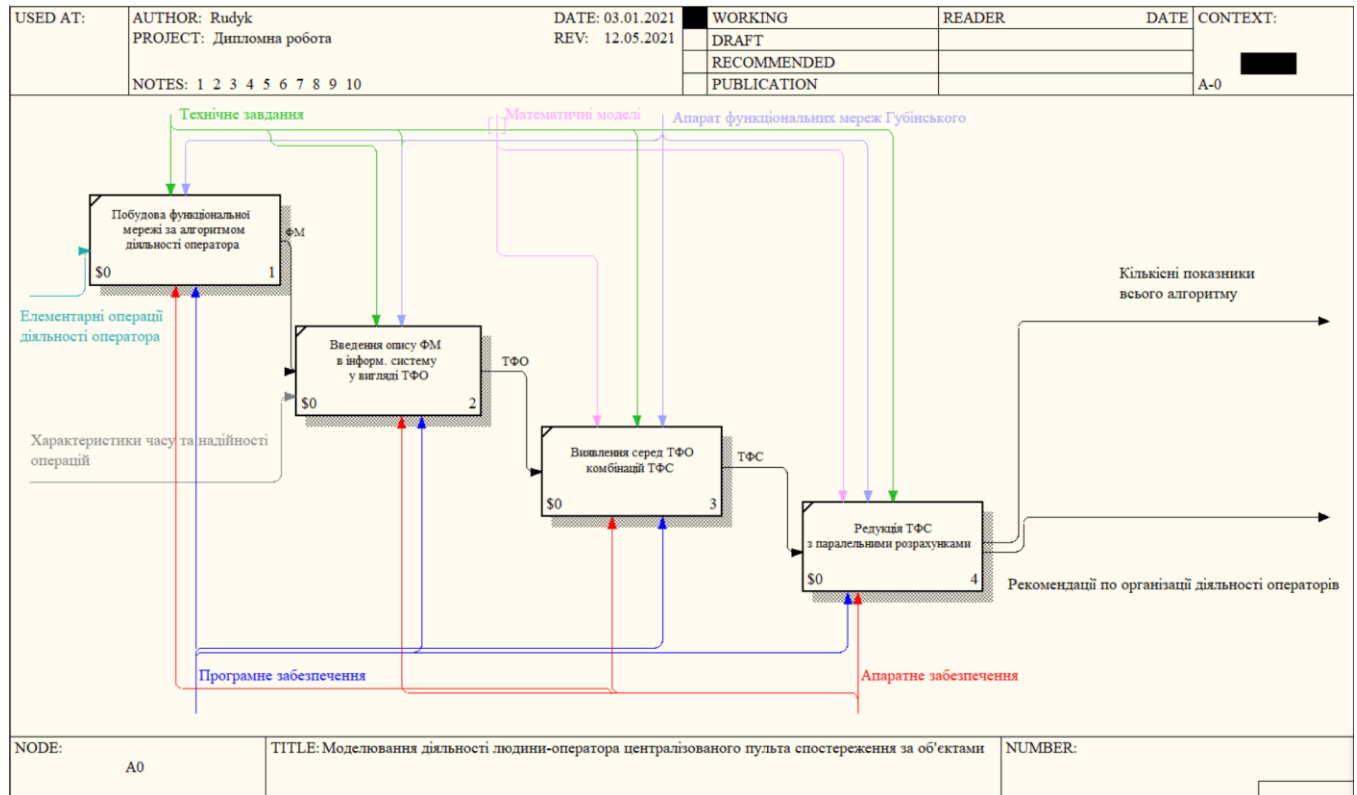


Рисунок 3.2 – Декомпозиція діаграми IDEF0

3.2 Моделювання варіантів використання

Діаграма варіантів використання UML - це основна форма програмних вимог до нової слабозвиненої програми. У варіантах використання вказується очікувана поведінка (що), а не точний спосіб її здійснення (як). Описані варіанти використання можна позначити як текстове, так і візуальне подання (тобто діаграму використання). Ключова концепція моделювання варіантів використання полягає в тому, що це допомагає розробити систему з точки зору кінцевого користувача. Це ефективний прийом для передачі поведінки системи з точки зору користувача, визначаючи всі видимі зовні поведінки системи. Діаграма варіантів використання

зазвичай проста. Вона не відображає деталей варіантів використання, а лише узагальнює деякі взаємозв'язки між варіантами використання, суб'єктами та системами. Діаграма відображає порядок, у якому виконуються кроки для досягнення цілей кожного варіанту використання. UML діаграма проекту зображена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – UML діаграма

4 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПУЛЬТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОБ'ЄКТАМИ

4.1 Розробка моделей виявлення типових функціональних структур

Для того щоб реалізувати головний модуль програми, який буде відповідати за розрахунки часових і ймовірнісних характеристик алгоритму і його оцінку. Необхідно серед введених операцій (типових функціональних одиниць) виявити комбінації типових функціональних структур. Першою задачею є створення правил синтаксису для операцій.

Нехай «R» - символ, що позначає опис функціональної мережі, типової функціональної одиниці чи типової функціональної структури, тоді рядок опису можна позначити символом - «r». Два описи є подібними, коли склад елементів в рядках опису є однаковим.

Операцією об'єднання (Union) двох подібних описів є опис, що містить всі рядки, які трапляються в двох заданих описах:

$$R_1: R = R_1 \text{ Union } R_2 ::= \{r \mid r \in R_1 \vee r \in R_2\}$$

Функціональний вигляд операції Union:

$$R_1 \text{ Union } R_2 ::= \text{Union}(R_1, R_2)$$

Операцією перетину (Intersect) двох подібних описів є опис, що містить лише ті рядки, які трапляються як в першому так і в другому описі:

$$R = R_1 \text{ Intersect } R_2 ::= \{r \mid r \in R_1 \wedge r \in R_2\}$$

Функціональний вигляд операції Intersect:

$$R_1 \text{ Intersect } R_2 ::= \text{Intersect } (R_1, R_2)$$

Операцією різниці (Minus) двох подібних описів є опис, що містить сукупність рядків, що належать першому опису, але не належать другому опису:

$$R = R_1 \text{ Minus } R_2 ::= \{r \mid r \in R_1 \wedge r \notin R_2\}$$

Функціональний вигляд операції Minus:

$$R_1 \text{ Minus } R_2 ::= \text{Minus } (R_1, R_2)$$

Процес оцінки АФ, у вигляді функціональної мережі відбувається таким чином, що на кожному кроці знаходяться ТФС і замінюються на еквівалентні ТФО (редукція), при цьому розмірність ФМ постійно зменшується, це відбувається до тих пір, поки вся функціональна мережа не буде складатись з однієї ТФО, якщо це можливо. На кожному такому кроці алгоритм має певні характеристики:

k – номер ітерації зменшення розмірності, $k \in N$;

$f_k = f(k)$ – стан мережі при згортці на ітерації k ;

G_f – множина станів мережі при згортці, $f_k \in G_f$;

$k_0 = 0$ – початкова ітерація редукції;

$f_0 = f(k_0)$ – початковий стан мережі, $f_0 \in G_f$;

G_α – множина правил виявлення комбінацій для згортки мережі;

$\alpha_j \in G_\alpha$ – правило обчислень при згортанні;

$u_k = u(k)$ – протокол згортки на k -ітерації процесу.

Моделі для виявлення комбінацій ТФС:

1. Модель виявлення типової структури для робочих операцій, що виконуються одна за одною послідовно - FS_{RR} :

$$O_{FS_1} = \text{TimesWhere}(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_1) \quad (1)$$

де:

$$\begin{aligned}
a_1 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1)) \vee \\
& ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1))
\end{aligned}$$

2. Модель виявлення типової структури для робочої операції з контролем функціонування з необмеженою кількістю ітерацій циклу - FS_{RK} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_2) \quad (2)$$

де:

$$\begin{aligned}
a_2 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "K" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_2} = o_1.N_j)) \vee \\
& ((o_1.o_{e_j} = "K" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1 \wedge o_1.L_{j_2} = o_1.N_j - 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.L_{j_2} \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1))
\end{aligned}$$

3. Модель виявлення типової структури для робочої операції й контролю функціонування, додатковою робочою операцією і переробкою першої робочої операції - FS_{RKR} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, O_{FS_k} o_3, a_3) \quad (3)$$

де:

$$\begin{aligned}
a_3 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge (o_2.o_{e_j} = "K" \wedge \\
& o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 2 \wedge o_2.L_{j_2} = o_2.N_j + 1 \wedge \\
& o_3.o_{e_j} = "R" \wedge o_3.N_j = o_2.L_{j_2} \wedge o_3.L_{j_1} = o_1.N_j)) \vee \\
& (o_3.o_{e_j} = "R" \wedge o_3.N_j = o_1.N_j + 1)
\end{aligned}$$

4. Модель виявлення типової структури для контролю працездатності з ремонтом з необмеженою кількістю ітерацій циклу - FS_{PR} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_4) \quad (4)$$

де:

$$\begin{aligned}
a_4 = & ((o_1.o_{e_j} = "P" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_3} - 1 \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 2) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.L_{j_3} \wedge o_2.L_{j_1} = o_1.N_j)) \vee \\
& ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.N_j = o_1.N_j - 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "P" \wedge o_2.N_j = o_1.L_{j_1} \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 2 \wedge o_2.L_{j_3} = o_1.N_j))
\end{aligned}$$

5. Модель виявлення типової структури для багаторазового повторення робочої операції з прийманням при наявності усіх успішних виходів - FS_{CRF} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_5) \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
a_5 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.o_{e_j} = "C_F" \wedge o_1.N_j = o_2.N_j - 1 \wedge \\
& o_2.L_{j_4} = o_1.N_j \wedge o_2.L_{j_5} = o_2.N_j + 1) \vee (o_1.o_{e_j} = "C_F" \wedge o_1.L_{j_5} = o_1.N_j + 1 \wedge \\
& o_1.L_{j_4} = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_1.N_j))
\end{aligned}$$

6. Модель виявлення типової структури для багаторазового повторення робочої операції з прийманням при наявності як мінімум одного успішного виходу - FS_{CRO} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_6) \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
a_6 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.o_{e_j} = "C_o" \wedge o_1.N_j = o_2.N_j - 1 \wedge \\
& o_2.L_{j_4} = o_1.N_j \wedge o_2.L_{j_5} = o_2.N_j + 1) \vee (o_1.o_{e_j} = "C_o" \wedge o_1.L_{j_5} = o_1.N_j + 1 \wedge \\
& o_1.L_{j_4} = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_1.N_j))
\end{aligned}$$

7. Модель виявлення типової структури для робочих операцій, що виконуються послідовно з контролем функціонування і переробкою робочих операцій - FS_{RK1} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_7) \quad (7)$$

де:

$$\begin{aligned}
a_7 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "K" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_2} > o_2.N_j + 1)) \vee \\
& ((o_1.o_{e_j} = "K" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1 \wedge o_1.L_{j_2} > o_1.N_j + 1) \wedge \\
& (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1))
\end{aligned}$$

8. Модель виявлення типової структури для робочих, що виконуються послідовно з контролем працездатності - F_{SRP} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_8) \quad (8)$$

де:

$$\begin{aligned} a_8 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge \\ & (o_2.o_{e_j} = "P" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_2} > o_2.N_j + 1)) \vee \\ & ((o_1.o_{e_j} = "P" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1 \wedge o_1.L_{j_2} > o_1.N_j + 1) \wedge \\ & (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 1)) \end{aligned}$$

9. Модель виявлення типової структури для робочої операції з контролем функціонування і переробкою робочої операції без використання циклів - F_{SKR} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, O_{FS_k} o_3, a_9), \quad (9)$$

де:

$$\begin{aligned} a_9 = & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_1.L_{j_1} - 1) \wedge (o_2.o_{e_j} = "K" \wedge \\ & o_2.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_2.N_j + 2 \wedge o_2.L_{j_2} = o_2.N_j + 1 \wedge \\ & o_3.o_{e_j} = "R" \wedge o_3.N_j = o_2.L_{j_2} \wedge o_3.L_{j_1} = o_3.N_j + 1)) \vee \\ & ((o_1.o_{e_j} = "K" \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 2 \wedge o_1.L_{j_2} = o_1.N_j + 1) \wedge \\ & (o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.N_j = o_1.N_j - 1 \wedge o_2.L_{j_1} = o_1.N_j) \wedge \\ & (o_3.o_{e_j} = "R" \wedge o_3.N_j = o_1.N_j + 1 \wedge o_3.N_j = o_1.L_{j_2} \wedge o_3.L_{j_1} = o_3.N_j + 1)) \vee \\ & ((o_1.o_{e_j} = "R" \wedge o_1.N_j = o_3.N_j + 1 \wedge o_1.L_{j_1} = o_1.N_j + 1) \wedge \\ & (o_3.o_{e_j} = "K" \wedge o_3.L_{j_2} = o_1.N_j \wedge o_3.L_{j_1} = o_1.N_j + 1) \wedge \\ & o_2.o_{e_j} = "R" \wedge o_2.L_{j_1} = o_3.N_j \wedge o_2.N_j + 2 = o_1.N_j \wedge o_2.N_j + 1 = o_3.N_j)) \end{aligned}$$

4.2 Алгоритм редукції

У функціонально-структурній теорії під згорткою (редукцією) функціональної мережі розуміється процес аналізу та виявлення в структурі алгоритму діяльності ТФС, і заміна їх на еквівалентні ТФО з показниками якості, розрахованими на підставі математичних моделей даної ТФС. Основні етапи редукції:

1. Побудувати функціональну мережу згідно алгоритму діяльності.
2. Присвоїти лічильнику поточну кількість ТФО в ФМ.
3. Якщо значення лічильника більше ніж 1, то перейти до пункту 4, інакше згортку робити не потрібно.
4. Виявити в функціональній мережі комбінацію типових функціональних структур.
5. Замінити виявлену комбінацію ТФС на відповідну типову функціональну одиницю.
6. Розрахувати показники надійності і часу для ТФО, на яку було замінено ТФС за допомогою відповідних формул.
7. Зменшити значення лічильника на один.
8. Перейти до пункту 3 для перевірки лічильника.

Наприклад, на рисунку 4.1 зображено приклад редукції функціональної мережі. На першому кроці було знайдені по дві комбінації ТФС, що складаються з послідовних робочих операцій, їх було замінено на еквівалентні ТФО – робочі операції Pe_1 та Pe_2 . Оскільки в ФМ кількість ТФО залишилась більше ніж 1, то процес продовжується. В наступному кроці було виявлено типову функціональну структуру з робочою операцією, контролем та виправленням помилки, та дві ТФС з робочою і контролем. Ці три структури було замінено на еквівалентні їх робочі

операції Pe_3 , Pe_4 та Pe_5 відповідно. На останньому кроці видно, що вся ФМ була зведена до лише робочих операцій, що є типовою структурою, її також замінюємо на еквівалентну одну робочу операцію і отримуємо ФМ, що складається з однієї ТФО, на цьому процес редукції закінчується.

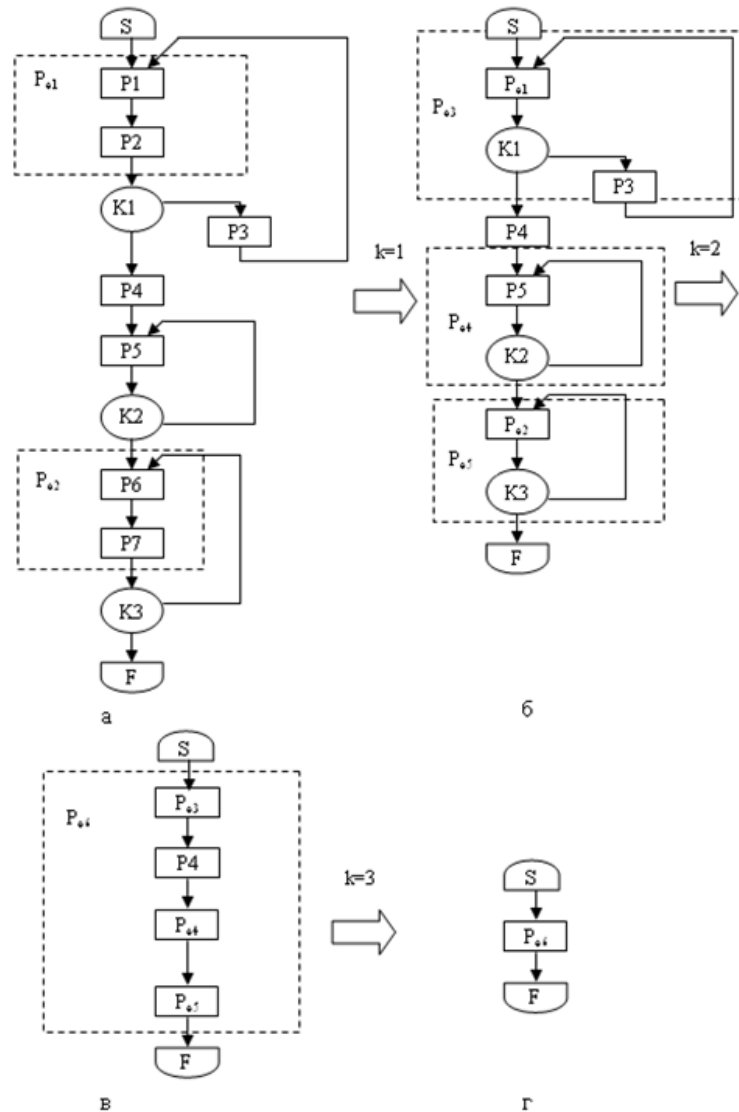


Рисунок 4.1 – Приклад згортки ФМ

Показники єдиної ТФО, що залишилась в результаті редукції мережі є кінцевими характеристиками алгоритму функціонування, після цього можна

аналізувати результати та порівнювати з іншими альтернативними варіантами діяльності оператора.

4.3 Програмна реалізація інформаційної технології

Для реалізації інформаційної технології для моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами було вирішено використовувати в якості середовища розробки – MS Excel. Оскільки потрібно буде працювати з великою кількістю обчислень, MS Excel має велику кількість різноманітних математичних функцій і дає змогу з великою точністю проводити необхідні розрахунки, що є неодмінно великою перевагою при розробці подібних інформаційних систем. Розрахунки можна буде відразу проаналізувати чи порівняти за допомогою графіків і діаграм, що також є однією з переваг у використанні MS Excel.

Структура інформаційної технології й розміщення даних для оцінювання алгоритму функціонування оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами зображена на рисунку 4.2.

Користувальницький інтерфейс програми й загальну логіку інформаційної системи реалізовано за допомогою Visual Basic for Applications (VBA). VBA - мова програмування продуктів Microsoft Office, що дає можливість розробнику автоматизувати ці продукти. З використанням VBA була створена форма з головним меню програми (рис. 4.3), вона дає можливість користувачу працювати з інформаційною системою за допомогою графічного інтерфейсу, швидко переключатись між задачами, довідниками та іншим функціоналом програми. Викликати цю форму можна натиснувши на кнопку “Форма оцінки АФ”, на аркуші

“Оцінка АФ”. Ця форма є основною, оскільки вона відкриває доступ до інших модулів інформаційної системи.

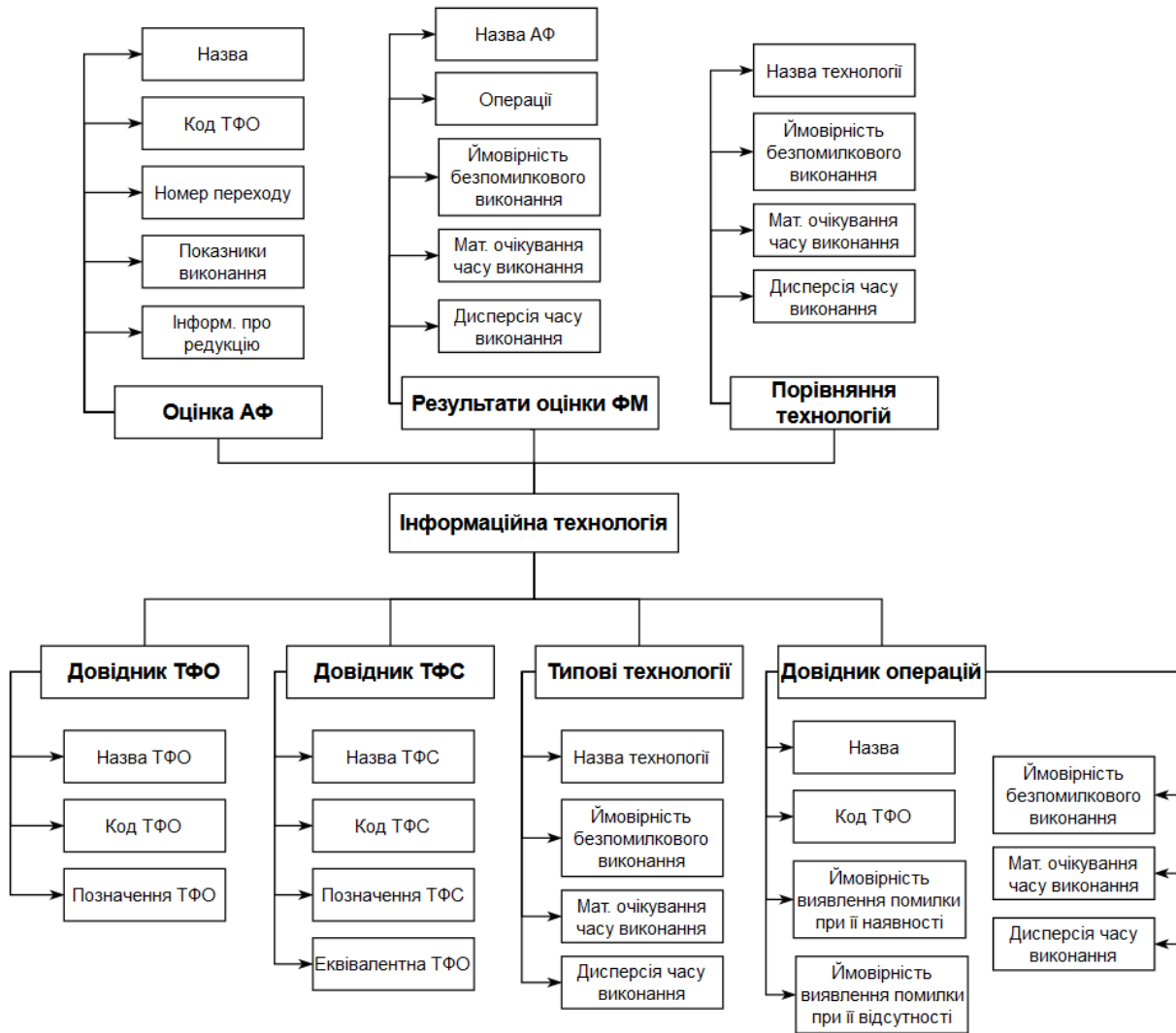


Рисунок 4.2 – Структура інформаційної технології

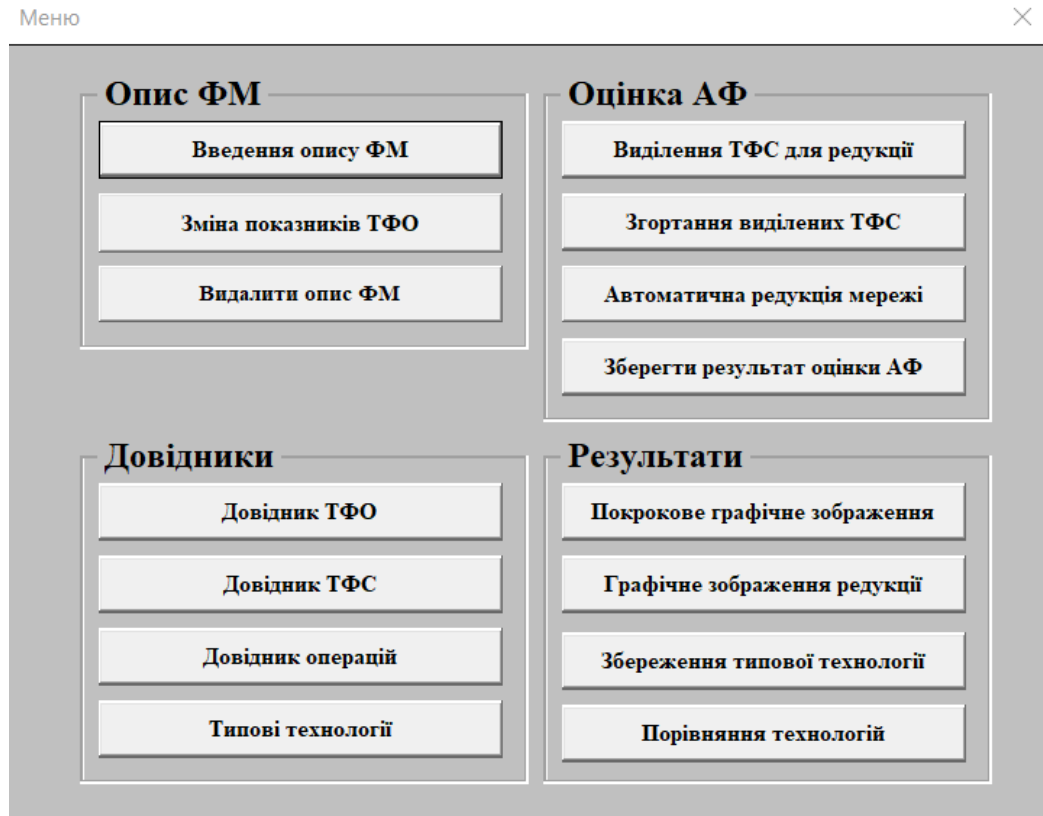


Рисунок 4.3 - Головне меню

Оскільки в програмі передбачена можливість зберігати дані про типові функціональні одиниці, типові функціональні структури та типові технології, то перший модуль, який необхідно реалізувати – це можливість зберігання таких даних. Але використовувати зовнішню базу даних не є доцільно, оскільки таблиці не будуть зберігати дуже багато інформації і не пов’язані між собою. За допомогою Excel можна використовувати окремі аркуші в якості довідників, записавши в різні комірки дані та витягувати при подальшій роботі. Наприклад, для створення довідника з типовими функціональними одиницями було створено окремий аркуш, в комірки якого були записано всі ТФО, діапазон комірок, що містять назви ТФО було виділено окремим ім’ям “SPR_TFE” (рис. 4.4). За допомогою цієї змінної можна отримувати значення діапазону комірок з ТФО. При створенні списку з якого

будуть обиратись ці типові функціональні одиниці необхідно для властивості RowSource елементу ComboBox присвоїти відповідну назву діапазону, тобто "SPR_TFE". В результаті отримуємо список з назвами ТФО, що були введені в аркуші (рис. 4.5).

Такий спосіб є швидшим та простішим в реалізації ніж використовувати зовнішню базу даних, оскільки є аркуші які виступають у ролі бази даних, де можна відразу додавати, видаляти чи змінювати дані. Так само реалізовані довідники з типовими функціональними структурами та типовими технологіями.

Для того, щоб оцінити алгоритм функціонування оператора необхідно спочатку ввести цей алгоритм в інформаційну технологію. Тому наступний модуль, який було реалізовано - це можливість введення алгоритму функціонування в програму. Форма введення опису ФМ зображена на рисунку 4.6.

	A	B
1	Типові функціональні одиниці	
2		
3	Назва_ТФО	
4	1 - Робоча	
5	2 - Альтернативна	
6	3 - Контроль функціонування	
7	4 - Затримка	
8	5 - Контроль працездатності	
9	6 - Робоча операція з самоконтролем працездатності	
10	7 - Робоча операція з самоконтролем функціонування	
11	8 - Робоча операція с самоконтролем працездатності та функціонування	
12	9 - Стартер "I"	
13	10-Стартер "АБО включити"	
14	11-Стартер "АБО виключити"	
15	12-Фінішер "I"	
16	13-Фінішер "АБО включити"	
17	14-Фінішер "АБО виключити"	
18	15-Циклоформування (кількість входів>=0)	
19	16-Циклообмежувач (кількість входів>=1)	
20	21-Перша робоча альтернативна	
21	22 -Друга робоча альтернативна	
22	91-Стартер	
23	99-Фінішер	
24		

Рисунок 4.4 - Створення довідника ТФО

Типова функціональна одиниця

Номер п/п:

Назва ТФО:

Код ТФО:

Позначення ТФО:

Перехід (продовження функціонування)

При послідовному виконанні операцій алгоритму

- 1 - Робоча
- 2 - Альтернативна
- 3 - Контроль функціонування
- 4 - Затримка
- 5 - Контроль працездатності
- 6 - Робоча операція з самоконтролем
- 7 - Робоча операція з самоконтролем
- 8 - Робоча операція з самоконтролем

Рисунок 4.5 - Список ТФО

Введення опису ФМ

Ідентифікація технології

Назва системи:

Назва підсистеми:

Назва процесу:

Номер рядка таблиці для початку опису:

Типова функціональна одиниця

Номер п/п:

Назва ТФО:

Код ТФО:

Позначення ТФО:

Показники виконання ТФО

Ймовірність виконання робочої операції без помилки (В1):

Ймовірність того що фактично правильне виконання буде визнане правильним(K11/P11):

Ймовірність того що фактично неправильне виконання буде визнане неправильним(K00/P00):

Математичне очікування часу виконання операцій(M(T)):

Дисперсія часу виконання(D(T)):

Перехід (продовження функціонування)

При послідовному виконанні операцій алгоритму:

При невиконанні умов по КФ:

При невиконанні умов по КР:

На продовження цикла:

Номер на вихід з цикла:

Кількість повторів в циклі:

Вибрати оператора і тип операцій:

Вибрати операцію:

Попередня Наступна Зберегти Додати Вихід

Рисунок 4.6 - Форма введення ФМ

Форма введення опису алгоритму функціонування містить декілька окремих відокремлених областей (GroupBox). В ідентифікації технології необхідно ввести назви системи, підсистеми та процесу що вводиться. Потім вводиться номер, з якого буде починатись опис АФ. В області “Типова функціональна одиниця” вводиться номер, обирається назва зі списку, код та позначення. В залежності від обраної ТФО, в області “Показники виконання ТФО” будуть активні відповідні поля для вводу характеристик ТФО. Далі необхідно вказати параметри переходу до наступної операції алгоритму функціонування. Також в формі можна відразу обрати існуючу технологію чи операцію з попередньо створеного довідника операцій. При натисканні на кнопку зберегти, всі введені дані додаються на акруш “Оцінка_АФ” і зберігаються для можливості працювати з ними в подальшому. Лістинг модулю, що відповідає за введення опису ФМ наведено в додатку Ж.

Наступним реалізованим модулем є виявлення ТФС серед введеної мережі. Для цього за попередньо створеними математичними моделями виявлення структур було реалізовано алгоритм розпізнавання, що складається з декількох блоків If-Else, де перевіряються коди ТФО, їх переходи і в разі співпадіння з якоюсь моделлю, вони позначаються і виділяються кольором. Лістинг модуля виявлення ТФС наведений в додатку З.

Останнім модулем, що бере участь безпосередньо у оцінюванні алгоритму функціонування є редукція мережі. Після того як були знайдені ТФС, їх можна замінювати на еквівалентні їм ТФО з паралельними розрахунками. Лістинг, щодо роботи інформаційної технології при редукції мережі наведений в додатку К.

Результат редукції мережі можна зберегти як окрему технологію, потім ці технології порівнювати між собою, така можливість доступна завдяки модулю порівняння технологій. В формі обираються дві технології, що підтягуються з аркуша типових технологій, і по їх показниках будуються діаграми. Лістинг

модулю, що зберігає результати оцінки й дає змогу порівнювати технології наведено в додатку Л.

4.4 Реалізація процедур оцінювання діяльності операторів централізованого пульта спостереження за об'єктами

Від структури, що займається послугами охорони об'єктів були отримані інструкції, щодо роботи оператора при виконанні заявки при спрацюванні сигналізації на об'єкті. З інструкцій зрозуміло, що є декілька типів операторів, і, навіть, в залежності від типу оператора можуть виконуватись різні операції, або ті ж операції, але іншим способом. За цими даними було створено довідник операцій з показниками надійності для різних операторів. Кваліфікований оператор може мати три види алгоритму для виконання заявки при спрацюванні об'єкту. Перший виконується повністю вручну (рис. 4.7), перевагами є високі показники ймовірності, але недолік - відносно довгі часові показники операцій.

Альтернативним варіантом діяльності кваліфікованого оператора є виконання алгоритму при якому деякі операції і контролю є автоматизованими (рис. 4.8), тому час виконання всього алгоритму скорочується, але ймовірність виникнення помилок дещо вища в порівнянні з ручним виконанням операцій.

В третьому варіанті діяльності кваліфікованого оператора контроль здійснюється іншим оператором керівником (рис. 4.9), при цьому надійність таких контролів підвищується, а час виконання збільшується, оскільки виконується вручну. В результаті такий алгоритм є збалансованим щодо надійності та часу виконання.

Кваліфікований оператор з операціями, що виконуються вручну							
Назва	ТФО	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	$M(T)$	$D(T)$	
Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	1 - Робоча	0,990000	0,000000	0,000000	2,000000	0,500000	
Отримати інформацію про об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0	0	3,000000	0,500000	
Визначити категорію об'єкту	1 - Робоча	0,985	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000	
Обрати групу затримання	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	5,000000	0,500000	
Виправлення помилки при обранні групи затримання	1 - Робоча	0,990000	0	0	5,000000	0,500000	
Зазначити час обробки заявки	1 - Робоча	0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000	
Викликати екіпаж поліції на об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0,000000	0,000000	10,000000	3,000000	
Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	1 - Робоча	0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000	
Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	1 - Робоча	0,975	0	0	10	0,5	
Оновити статус заявки	1 - Робоча	0,97	0	0	2	0,5	
Проінформувати власника об'єкту	1 - Робоча	0,99	0	0	15	2	
Занести в звіт часові показники виконання заявки	1 - Робоча	0,99	0	0	10	3	
Перепідключити пристрій спостереження вручну	1 - Робоча	0,95	0	0	15	5	
Поставити статус заявки - виконана	1 - Робоча	0,99	0	0	2	0,5	
Проінформувати районний відділ поліції	1 - Робоча	0,98	0	0	10	2	
Виправлення помилки при перепідключенні пристрою спостереження	1 - Робоча	0,95	0	0	10	2	
Виявити причину вимкнення пристрою спостереження	1 - Робоча	0,97	0	0	7	1,5	
Викликати ремотну бригаду на об'єкт	1 - Робоча	0,98	0	0	9	3	
Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	3 - Контроль функціонування	0,000000	0,980000	0,980000	5,000000	0,500000	
Контроль правильності обрання групи затримання	3 - Контроль функціонування	0	0,975000	0,975000	10,000000	2,000000	
Контроль над тим, що звіт було отримано	3 - Контроль функціонування	0	0,98	0,985	5	0,5	
Контроль підключення пристрою спостереження	3 - Контроль функціонування	0	0,97	0,97	12	3	
Контроль над тим, що заявку було виконано	3 - Контроль функціонування	0	0,985	0,985	5	1	

Рисунок 4.7 – Операції кваліфікованого оператора, що виконуються вручну

Кваліфікований оператор з автоматизованими операціями й контролем							
Назва	ТФО	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	$M(T)$	$D(T)$	
Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	1 - Робоча	0,985000	0,000000	0,000000	1,000000	0,100000	
Отримати інформацію про об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0	0	3,000000	0,500000	
Визначити категорію об'єкту	1 - Робоча	0,98	0,000000	0,000000	1,000000	0,300000	
Обрати групу затримання	1 - Робоча	0,970000	0,000000	0,000000	2,000000	1,000000	
Виправлення помилки при обранні групи затримання	1 - Робоча	0,990000	0	0	2,000000	1,000000	
Зазначити час обробки заявки	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000	
Викликати екіпаж поліції на об'єкт	1 - Робоча	0,990000	0,000000	0,000000	10,000000	3,000000	
Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000	
Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	1 - Робоча	0,975	0	0	10	0,5	
Оновити статус заявки	1 - Робоча	0,965	0	0	1	0,5	
Проінформувати власника об'єкту	1 - Робоча	0,99	0	0	15	2	
Занести в звіт часові показники виконання заявки	1 - Робоча	0,985	0	0	4	1	
Перепідключити пристрій спостереження вручну	1 - Робоча	0,95	0	0	15	5	
Поставити статус заявки - виконана	1 - Робоча	0,985	0	0	1	0,5	
Проінформувати районний відділ поліції	1 - Робоча	0,98	0	0	10	2	
Виправлення помилки при перепідключенні пристрою спостереження	1 - Робоча	0,95	0	0	10	2	
Виявити причину вимкнення пристрою спостереження	1 - Робоча	0,96	0	0	3	1,5	
Викликати ремотну бригаду на об'єкт	1 - Робоча	0,98	0	0	9	3	
Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	3 - Контроль функціонування	0,000000	0,970000	0,970000	2,000000	0,500000	
Контроль правильності обрання групи затримання	3 - Контроль функціонування	0	0,965000	0,965000	5,000000	1,000000	
Контроль над тим, що звіт було отримано	3 - Контроль функціонування	0	0,97	0,97	1	0,5	
Контроль підключення пристрою спостереження	3 - Контроль функціонування	0	0,96	0,96	6	2	
Контроль над тим, що заявку було виконано	3 - Контроль функціонування	0	0,975	0,975	1	0,1	

Рисунок 4.8 – Діяльність кваліфікованого оператора з автоматизованими операціями і контролем

Кваліфікований оператор під контролем керівника						
Назва	ТФО	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	$M(T)$	$D(T)$
Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	1 - Робоча	0,985000	0,000000	0,000000	1,000000	0,100000
Отримати інформацію про об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0	0	3,000000	0,500000
Визначити категорію об'єкту	1 - Робоча	0,98	0,000000	0,000000	1,000000	0,300000
Обрати групу затримання	1 - Робоча	0,970000	0,000000	0,000000	2,000000	1,000000
Виправлення помилки при обранні групи затримання	1 - Робоча	0,990000	0	0	2,000000	1,000000
Зазначити час обробки заявки	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000
Викликати екіпаж поліції на об'єкт	1 - Робоча	0,990000	0,000000	0,000000	10,000000	3,000000
Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000
Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	1 - Робоча	0,975	0	0	10	0,5
Оновити статус заявки	1 - Робоча	0,965	0	0	1	0,5
Проінформувати власника об'єкту	1 - Робоча	0,99	0	0	15	2
Занести в звіт часові показники виконання заявки	1 - Робоча	0,985	0	0	4	1
Перепідключити пристрій спостереження вручну	1 - Робоча	0,95	0	0	15	5
Поставити статус заявки - виконана	1 - Робоча	0,985	0	0	1	0,5
Проінформувати районний відділ поліції	1 - Робоча	0,98	0	0	10	2
Виправлення помилки при перепідключенні пристрою спостереження	1 - Робоча	0,95	0	0	10	2
Виявити причину вимкнення пристрою спостереження	1 - Робоча	0,96	0	0	3	1,5
Викликати ремонтну бригаду на об'єкт	1 - Робоча	0,98	0	0	9	3
Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	3 - Контроль функціонування	0,000000	0,990000	0,990000	5,000000	0,500000
Контроль правильності обрання групи затримання	3 - Контроль функціонування	0	0,985000	0,995000	10,000000	2,000000
Контроль над тим, що звіт було отримано	3 - Контроль функціонування	0	0,98	0,98	5	0,5
Контроль підключення пристрою спостереження	3 - Контроль функціонування	0	0,995	0,995	12	3
Контроль над тим, що заявку було виконано	3 - Контроль функціонування	0	0,985	0,985	5	1

Рисунок 4.9 – Операції кваліфікованого оператора, що виконуються під контролем керівника

Оператор з малим досвідом роботи, у якого відсутні знання й навички у повному обсязі вважається некваліфікованим, його операції виконуються повністю під контролем оператора керівника. Показники надійності і часу такого оператора (рис. 4.10) також вказані в довіднику операцій.

Некваліфікований оператор з операціями, що виконуються вручну під контролем керівника						
Назва	ТФО	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	$M(T)$	$D(T)$
Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	1 - Робоча	0,970000	0,000000	0,000000	3,000000	0,500000
Отримати інформацію про об'єкт	1 - Робоча	0,940000	0	0	5,000000	1,000000
Визначити категорію об'єкту	1 - Робоча	0,95	0,000000	0,000000	4,000000	1,000000
Обрати групу затримання	1 - Робоча	0,945000	0,000000	0,000000	5,000000	0,500000
Виправлення помилки при обранні групи затримання	1 - Робоча	0,960000	0	0	6,000000	0,500000
Зазначити час обробки заявки	1 - Робоча	0,970000	0,000000	0,000000	4,000000	0,300000
Викликати екіпаж поліції на об'єкт	1 - Робоча	0,975000	0,000000	0,000000	10,000000	3,000000
Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	1 - Робоча	0,950000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000
Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	1 - Робоча	0,93	0	0	10	0,5
Оновити статус заявки	1 - Робоча	0,95	0	0	3	0,5
Проінформувати власника об'єкту	1 - Робоча	0,9	0	0	15	2
Занести в звіт часові показники виконання заявки	1 - Робоча	0,97	0	0	10	3
Перепідключити пристрій спостереження вручну	1 - Робоча	0,93	0	0	20	5
Поставити статус заявки - виконана	1 - Робоча	0,97	0	0	3	0,5
Проінформувати районний відділ поліції	1 - Робоча	0,93	0	0	10	2
Виправлення помилки при перепідключенні пристрою спостереження	1 - Робоча	0,94	0	0	10	2
Виявити причину вимкнення пристрою спостереження	1 - Робоча	0,92	0	0	7	1,5
Викликати ремонтну бригаду на об'єкт	1 - Робоча	0,925	0	0	9	3
Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	3 - Контроль функціонування	0,000000	0,990000	0,990000	5,000000	0,500000
Контроль правильності обрання групи затримання	3 - Контроль функціонування	0	0,985000	0,995000	10,000000	2,000000
Контроль над тим, що звіт було отримано	3 - Контроль функціонування	0	0,98	0,98	5	0,5
Контроль підключення пристрою спостереження	3 - Контроль функціонування	0	0,995	0,995	12	3
Контроль над тим, що заявку було виконано	3 - Контроль функціонування	0	0,985	0,985	5	1

Рисунок 4.10 – Операції некваліфікованого оператора, що виконуються вручну під контролем оператора-керівника

В разі непередбачуваних обставин або перевантаження операторів, заявку при спрацюванні об'єкту може прийняти також оператор-керівник (рис 4.11). Показники ймовірності правильного виконання високі в порівнянні з іншими операторами, а час виконання деяких операцій вищий, оскільки вони виконуються в основному вручну.

Оператор-керівник						
Назва	ТФО	$B_1^{1'}$	$K_1^{1'}$	K_1^{00}	$M(T)$	$D(T)$
Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	1 - Робоча	0,995000	0,000000	0,000000	1,000000	0,100000
Отримати інформацію про об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0	0	3,000000	0,500000
Визначити категорію об'єкту	1 - Робоча	0,99	0,000000	0,000000	1,000000	0,300000
Обрати групу затримання	1 - Робоча	0,990000	0,000000	0,000000	2,000000	1,000000
Виправлення помилки при обранні групи затримання	1 - Робоча	0,995000	0	0	2,000000	1,000000
Зазначити час обробки заявки	1 - Робоча	0,995000	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000
Викликати екіпаж поліції на об'єкт	1 - Робоча	0,995000	0,000000	0,000000	10,000000	3,000000
Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	1 - Робоча	0,990000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000
Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	1 - Робоча	0,99	0	0	10	0,5
Оновити статус заявки	1 - Робоча	0,995	0	0	1	0,5
Проінформувати власника об'єкту	1 - Робоча	0,995	0	0	15	2
Занести в звіт часові показники виконання заявки	1 - Робоча	0,995	0	0	4	1
Перепідключити пристрій спостереження вручну	1 - Робоча	0,985	0	0	15	5
Поставити статус заявки - виконана	1 - Робоча	0,995	0	0	1	0,5
Проінформувати районний відділ поліції	1 - Робоча	0,99	0	0	10	2
Виправлення помилки при перепідключенні пристрою спостереження	1 - Робоча	0,99	0	0	10	2
Виявити причину вимкнення пристрою спостереження	1 - Робоча	0,985	0	0	3	1,5
Викликати ремотну бригаду на об'єкт	1 - Робоча	0,98	0	0	9	3
Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	3 - Контроль функціонування	0,000000	0,990000	0,990000	4,000000	0,500000
Контроль правильності обрання групи затримання	3 - Контроль функціонування	0	0,985000	0,995000	6,000000	2,000000
Контроль над тим, що звіт було отримано	3 - Контроль функціонування	0	0,98	0,98	3	0,5
Контроль підключення пристрою спостереження	3 - Контроль функціонування	0	0,995	0,995	8	3
Контроль над тим, що заявку було виконано	3 - Контроль функціонування	0	0,985	0,985	3	1

Рисунок 4.11 – Операції оператора-керівника

В результаті обстеження діяльності оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами було виявлено алгоритм його роботи при виконанні заявки, що виникає при спрацюванні сигналізації на об'єкті. Основними елементарними операціями є:

- Відреагувати на заявку, тобто зробити її поточною - робоча операція (P1);
- Контроль над тим, що заявку не було проігноровано - контроль (K1);
- Отримати інформацію про об'єкт - робоча операція (P2);
- Визначити категорію об'єкту - робоча операція (P3);
- Обрати відповідну групу затримання - робоча операція (P4);

- Контроль правильності обрання групи затримання - контроль (K2);
- Виправлення, в разі помилки - робоча операція (P5);
- Зазначити час обробки заявки - робоча операція (P6);
- Зазначити час прибуття групи до об'єкту - робоча операція (P7);
- Отримати звіт від групи, щодо ситуації на об'єкті - робоча операція (P8);
- Оновити статус заявки - робоча операція (P9);
- Контроль над тим, що звіт було отримано й оновлено статус заявки - контроль (K3);
- Оновити статус заявки - робоча операція (P10);
- Проінформувати власника об'єкту - робоча операція (P11);
- Занести в звіт часові показники виконання заявки - робоча операція (P12);
- Поставити статус заявки виконана - робоча операція (P13);

Функціональна мережа алгоритму функціонування оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами зображено на рисунку 4.12.

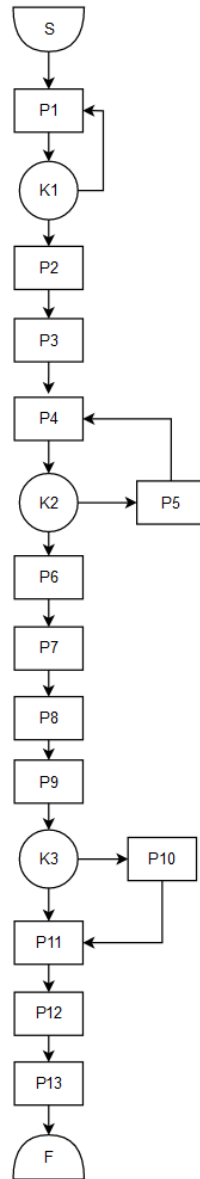


Рисунок 4.12 – ФМ алгоритму оператора при спрацюванні сигналізації на об’єкті

Показники надійності такого алгоритму будуть розраховані для операторів з різними типами операцій, що є в довіднику операцій, для порівняння ефективності кожного з них. Спочатку вводимо опис функціональної мережі в інформаційну систему згідно рисунку 4.12, вхідні дані можна вводити вручну, а можна використовувати довідник операцій, де після обрання операції будуть автоматично

введені показники ймовірності і часу та тип ТФО, залишається лише вказати перехід до наступної операції. Приклад введення робочої операції (P1) зображено на рисунку 4.13, інші ТФО вводимо ідентично. На рисунку 4.14 можна бачити результат введення опису ФМ, в табличному вигляді зберігається інформація про всі ТФО, умови переходу, кількісні показники та інші дані.

Введення опису ФМ ×

Ідентифікація технології		Показники виконання ТФО	
Назва системи:	<input type="text" value="ЦПС"/>	Ймовірність виконання робочої операції без помилки (B1):	<input type="text" value=".95"/>
Назва підсистеми:	<input type="text" value="Діяльність оператора з опе"/>	Ймовірність того що фактично правильне виконання буде визнане правильним(K11/П11):	<input type="text" value="0"/>
Назва процесу:	<input type="text" value="Виконання заявки"/>	Ймовірність того що фактично неправильне виконання буде визнане неправильним(K00/П00):	<input type="text" value="0"/>
Номер рядка таблиці для початку опису	<input type="text" value="15"/>	Математичне очікування часу виконання операцій(M(T)):	<input type="text" value="3"/>
Типова функціональна одиниця		Дисперсія часу виконання(D(T)):	<input type="text" value=".5"/>
Номер п/п:	<input type="text" value="2"/>	Перехід (продовження функціонування)	
Назва ТФО:	<input type="text" value="1 - Робоча"/>	При послідовному виконання операцій алгоритму	<input type="text" value="3"/>
Код ТФО:	<input type="text" value="1"/>	При невиконанні умов по КФ	<input type="text" value="0"/>
Позначення ТФО:	<input type="text" value="P1"/>	При невиконанні умов по КР	<input type="text" value="0"/>
		На продовження цикла	<input type="text" value="0"/>
		Номер на вихід з цикла	<input type="text" value="0"/>
		Кількість повторів в циклі	<input type="text" value="0"/>
Вибрати оператора і тип операцій		<input type="text" value="Кваліфікований оператор з операціями, що виконуються вручну"/>	
Вибрати операцію		<input type="text" value="Отримати інформацію про об'єкт"/>	
<input type="button" value="Попередня"/>		<input type="button" value="Наступна"/>	<input type="button" value="Зберегти"/>
		<input type="button" value="Додати"/>	<input type="button" value="Вихід"/>

Рисунок 4.13 – Введення опису ФМ

12	Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження								Згортя		Ймовірність виконання операції без помилки	Ймовірність того, що фактично виконання операції буде визнане правильним	Ймовірність того, що фактично виконання операції буде визнане неправильним	Мат. очікуваня часу виконання операції	Дисперсія часу виконання	Операція	
					При виконанні умови	При невиконанні умови	При виконанні умови	При невиконанні умови	На продовження	На вихід з циклу	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-го ТФО для редукції	Позначення ТФО наступном							V, 1
13	N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05								
15	1	91 - Стартер	91 S		2	0	0	0	0	0				0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		
16	2	1 - Робоча	1 P1		3	0	0	0	0	0				0,990000	0,000000	0,000000	2,000000	0,500000		Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	
17	3	3 - Контроль функціонування	3 K1		4	2	0	0	0	0				0,000000	0,980000	0,980000	5,000000	0,500000		Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	
18	4	1 - Робоча	1 P2		5	0	0	0	0	0				0,995000	0	0	3,000000	0,500000		Отримати інформацію про об'єкт	
19	5	1 - Робоча	1 P3		6	0	0	0	0	0				0,985	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000		Визначити категорію об'єкту	
20	6	1 - Робоча	1 P4		7	0	0	0	0	0				0,975000	0,000000	0,000000	5,000000	0,500000		Обрати групу затримання	
21	7	3 - Контроль функціонування	3 K2		9	8	0	0	0	0				0	0,975000	0,975000	10,000000	2,000000		Контроль правильності обрання групи затримання	
22	8	1 - Робоча	1 P5		6	0	0	0	0	0				0,990000	0	0	5,000000	0,500000		Виправлення помилки при обранні групи затримання	
23	9	1 - Робоча	1 P6		10	0	0	0	0	0				0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000		Зазначити час обробки заявки	
24	10	1 - Робоча	1 P7		11	0	0	0	0	0				0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000		Зазначити час прибуття групи затримання до об'єкту	
25	11	1 - Робоча	1 P8		12	0	0	0	0	0				0,975	0	0	10	0,5		Отримати звіт від групи затримання, щодо ситуації на об'єкті	
26	12	1 - Робоча	1 P9		13	0	0	0	0	0				0,97	0	0	2	0,5		Оновити статус заявки	
27	13	3 - Контроль функціонування	3 K3		15	14	0	0	0	0				0	0,98	0,985	5	0,5		Контроль над тим, що звіт було отримано	
28	14	1 - Робоча	1 P10		15	0	0	0	0	0				0,97	0	0	2	0,5		Оновити статус заявки	
29	15	1 - Робоча	1 P11		16	0	0	0	0	0				0,99	0	0	15	2		Проінформувати власника об'єкту	
30	16	1 - Робоча	1 P12		17	0	0	0	0	0				0,99	0	0	10	3		Занести в звіт часові показники виконання заявки	
31	17	1 - Робоча	1 P13		18	0	0	0	0	0				0,99	0	0	2	0,5		Поставити статус заявки - виконана	
32	18	99 - Фінішер	99 F		19	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0			

Рисунок 4.14 – Результат введення ФМ

Після того, як ФМ введена в інформаційну систему, можна розпочинати згортку, доки не залишиться одна ТФО, кількісні показники якої і будуть показниками всього алгоритму функціонування. Для цього на формі треба спочатку натиснути на кнопку “Виділення ТФС для редукції” і ввести номер рядка зі стартером (рис. 4.15) і номер рядка з фінішером (рис 4.16).

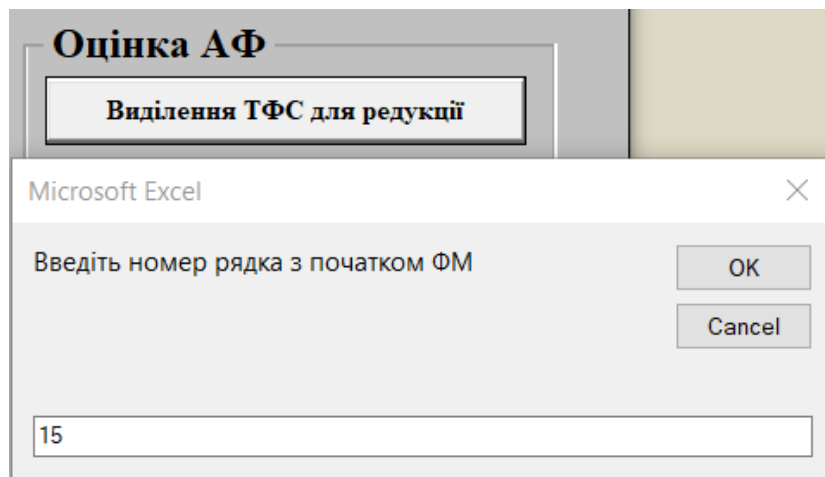


Рисунок 4.15 – Введення рядка з початком ФМ

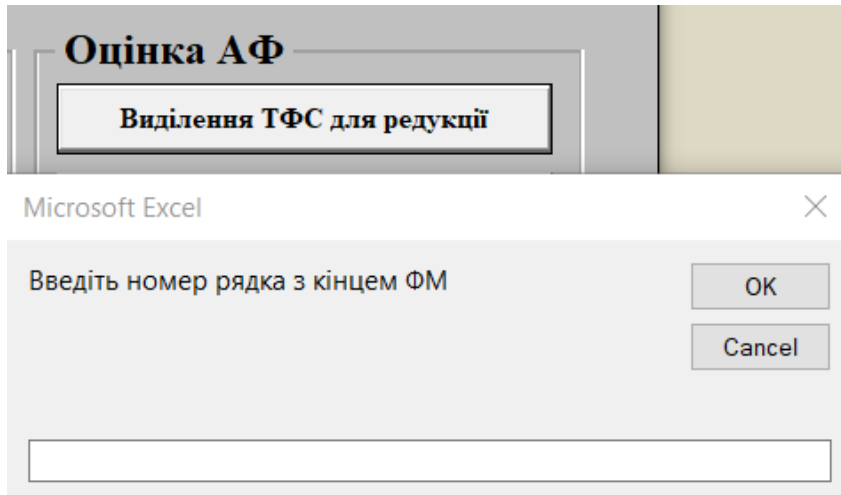


Рисунок 4.16 – Введення рядка з кінцем ФМ

Програма знайде комбінації ТФС в ФМ і виділить їх кольором. На рисунку 4.17 видно, що на першому кроці було виявлено три групи ТФС, а саме робочі операції, що виконуються послідовно (Pe1, Pe2, Pe3). Далі, щоб замінити ці ТФС на еквівалентні їм ТФО треба натиснути на кнопку “Згорання виділених ТФС”. Як і у випадку з виділенням ТФС, необхідно ввести номери рядків з початком і кінцем ФМ (рис. 4.18 - 4.19).

12	Номер ліп	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження								Згорання			Ймовірність виконання роботи операції без помилки	Ймовірність того, що фактично виконання буде визнано правильним	Ймовірність того, що фактично виконання буде визнано неправильним	Маточікуван на часу виконання операції	Дисперсія часу виконання	Операція
					При виконаній умові	При невиконаній умові	При невиконаній умові	На продовженні цикла	На вихіді з цикла	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному	B ₁ ¹	K ₁ ¹¹						
14	N01	НамаТРЕ	K04	ОбТРЕ	N02	N03	N05	N06	N07	N08											
15	1	91 - Склад	S	91	2	0	0	0	0	0				0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	
16	2	1 - Робоча	P1	1	3	0	0	0	0	0				0,950000	0,000000	0,000000	2,000000	0,500000		Відреагувати на заявку, зробивши її поточною	
17	3	3 - Контроль функціонування	K1	3	4	2	0	0	0	0				0,000000	0,980000	0,980000	5,000000	0,500000		Контроль над тим, що на заявку було відреаговано	
18	4	1 - Робоча	P2	4	5	0	0	0	0	0	RR	4	P>8	0,950000	0	0	3,000000	0,500000		Отримати інформацію про об'єкт	
19	5	1 - Робоча	P3	5	6	0	0	0	0	0	RR	4	P>8	0,985	0,000000	0,000000	2,000000	0,300000		Визначити категорію об'єкту	
20	6	1 - Робоча	P4	6	7	0	0	0	0	0				0,975000	0,000000	0,000000	5,000000	0,500000		Обрати групу затриманя	
21	7	3 - Контроль функціонування	K2	7	9	8	0	0	0	0				0	0,975000	0,975000	10,000000	2,000000		Контроль правильності обрання групи затриманя	
22	8	1 - Робоча	P5	8	6	0	0	0	0	0				0,990000	0	0	5,000000	0,500000		Виправлення помилки при обранні групи затриманя	
23	9	1 - Робоча	P6	9	10	0	0	0	0	0	RR	9	P>9	0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000		Зазначити час обробки заявки	
24	10	1 - Робоча	P7	10	11	0	0	0	0	0	RR	9	P>9	0,980000	0,000000	0,000000	3,000000	0,300000		Зазначити час прибуття групи затриманя до об'єкту	
25	11	1 - Робоча	P8	11	12	0	0	0	0	0	RR	9	P>9	0,975	0	0	10	0,5		Отримати звіт від групи затриманя, щодо ситуації на об'єкті	
26	12	1 - Робоча	P9	12	13	0	0	0	0	0	RR	9	P>9	0,97	0	0	2	0,5		Оновити статус заявки	
27	13	3 - Контроль функціонування	K3	13	15	14	0	0	0	0				0	0,98	0,985	5	0,5		Контроль над тим, що звіт було отримано	
28	14	1 - Робоча	P10	14	15	0	0	0	0	0				0,97	0	0	2	0,5		Оновити статус заявки	
29	15	1 - Робоча	P11	15	16	0	0	0	0	0	RR	15	P>10	0,99	0	0	15	2		Пронформувати власника об'єкту	
30	16	1 - Робоча	P12	16	17	0	0	0	0	0	RR	15	P>10	0,99	0	0	10	3		Занести в звіт часові показники виконання заявки	
31	17	1 - Робоча	P13	17	18	0	0	0	0	0	RR	15	P>10	0,99	0	0	2	0,5		Поставити статус заявки - виконана	
32	18	99-Фішер	F	99	19	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0			

Рисунок 4.17 - Вигляд таблиці після виділення ТФС

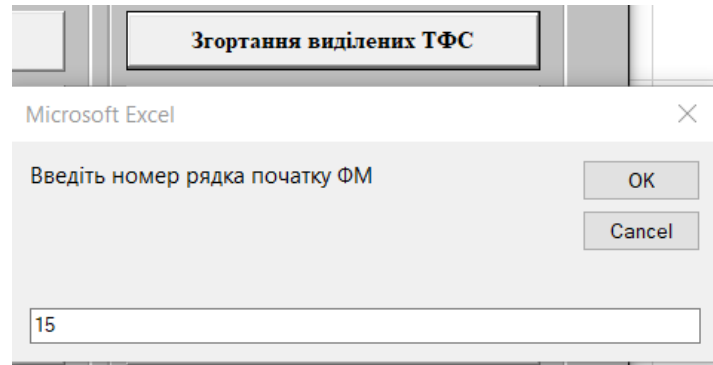


Рисунок 4.18 – Введення рядка з початком ФМ

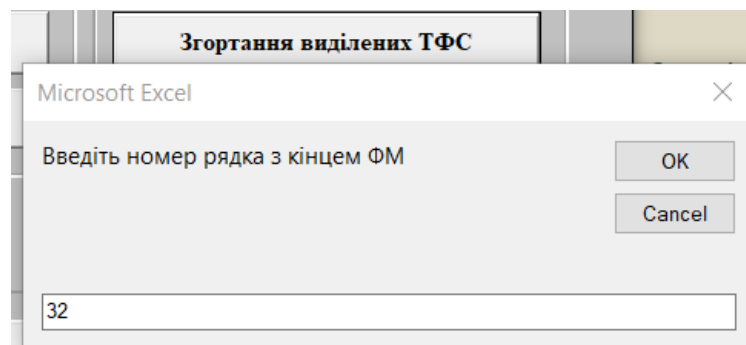


Рисунок 4.19 – Введення рядка з кінцем ФМ

В результаті згортки виділених типових структур їх було замінено на еквівалентні одиниці і розраховано їх кількісні показники за відповідними правилами. Таблиця після першого кроку редукції зображена на рисунку 4.20.

37	Номер л/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження				Код ТФС для редукції	Номер ТФО для наступном	Згорання	Імовірність виконання робочої операції без помилки	Імовірність того, що фактично правильно виконання буде	Імовірність того, що фактично неправильно виконання буде	Мат. очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання		
					При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла									Номер на вихід з циклу	Кількість повторів в циклі
38	N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11	K111	K100	M(T)	D(T)
40	1	Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0	0			0
41	2	Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0				0.99	0			2
42	3	Контроль функціонування	3	K1	4	2	0	0	0	0				0	0.98	0.980000019		5
43	4	Робоча	1	Pз8	5	0	0	0	0	0				0.980075	0			5
44	5	Робоча	1	P4	6	0	0	0	0	0				0.975	0			5
45	6	Контроль функціонування	3	K2	8	7	0	0	0	0				0	0.975	0.975000024		10
46	7	Робоча	1	P5	5	0	0	0	0	0				0.990000	0.000000	0.000000		5.000000
47	8	Робоча	1	Pз9	9	0	0	0	0	0				0.908298	0.000000	0.000000		18.000000
48	9	Контроль функціонування	3	K3	11	10	0	0	0	0				0.000000	0.980000	0.985000		5.000000
49	10	Робоча	1	P10	11	0	0	0	0	0				0.970000	0			2.000000
50	11	Робоча	1	Pз10	12	0	0	0	0	0				0.970299	0.000000	0.000000		27.000000
51	12	Фінішер	99	F	19	0	0	0	0	0				0	0			0

Рисунок 4.20 – Результати першого кроку редукції

Виділяти і згортати ФМ необхідно до тих пір, доки не залишиться одна типова функціональна одиниця, якщо це можливо. В результаті виконання редукції ФМ залишилась одна ТФО – робоча операція з розрахованими кількісними показниками (рис. 4.21).

70	Номер n/p	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згорання			Імовірність виконання робочої операції без помилок	Імовірність того, що фактично правильно виконання буде	Імовірність того, що фактично неправильно виконання буде	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
					При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на вихід з циклу	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному					
71	N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11	K111	K100	M(T)	D(T)
72	1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0
73	2	1 - Робоча	1	Pa21	3	0	0	0	0	0				0,945733432	0	0	78.46555008	34.97158813
74	3	99-Фінішер	99	F	19	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0

Рисунок 4.21 – Результат редукції

Результат оцінки ФМ (рис 4.23) можна зберегти в окремий аркуш “Результати для аналізу” для цього треба натиснути в меню на кнопку “Зберегти результат оцінки АФ”, у вікні що відкрилось ввести номер рядка з робочою операцією, що вийшла останньою (рис. 4.22).

Результати оцінки ФМ ×

Технологія:

Початок опису ФМ Кінець опису ФМ

Назва системи:

Назва підсистеми:

Процес:

Результат:

Номер рядка з результатами оцінки АФ

Ймовірність безпомилкового виконання

Мат.очікування часу виконання алгоритма

Дисперсія часу виконання алгоритма

Ймовірність своєчасного виконання алгоритма

Рисунок 4.22 - Збереження результату оцінки

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1			Результати оцінки алгоритма функціонування оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами												
2															
3															
4			Назва системи:	ЦПС											
5			Назва підсистеми:	Діяльність кваліфікованого оператора з операціями, що виконуються вручну											
6			Назва процесу:	Виконання заявки											
7															
8			Вихідні дані для оцінки ФМ												
9															
10			Робочі операції					Контрольні операції							
			Номер операції п/п	Позначення операції	Ймовірність безпомилкового виконання	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання	Номер операції п/п	Позначення операції	Ймовірність того, що фактично правильно виконання буде визнане правильним	Ймовірність того, що фактично не правильно виконання буде визнане не правильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання		
11															
12			2	P1	0,99	2	0,5	3	K1	0,98	0,98	5	0,5		
13			4	P2	0,995	3	0,5	7	K2	0,975	0,975	10	2		
14			5	P3	0,985	2	0,300000012	13	K3	0,98	0,985	5	0,5		
15			6	P4	0,975	5	0,5								
16			8	P5	0,99	5	0,5								
17			9	P6	0,98	3	0,300000012								
18			10	P7	0,98	3	0,300000012								
19			11	P8	0,975	10	0,5								
20			12	P9	0,97	2	0,5								
21			14	P10	0,97	2	0,5								
22			15	P11	0,99	15	2								
23			16	P12	0,99	10	3								
24			17	P13	0,99	2	0,5								
25															
26															
27															
28			Показники якості виконання алгоритма												
			Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданий директивний час, To:								
29			0,945733432	78,46555008	34,97159										
30															

Рисунок 4.23 – Результати оцінки АФ

Результати оцінки АФ можна також зберегти як типову технологію, оскільки при наступному моделюванні іншого алгоритму його результати зберігаються, а попередні втрачаються. Тому для тривалого збереження результатів оцінки діяльності оператора можна використовувати збереження типової технології (рис 4.24).

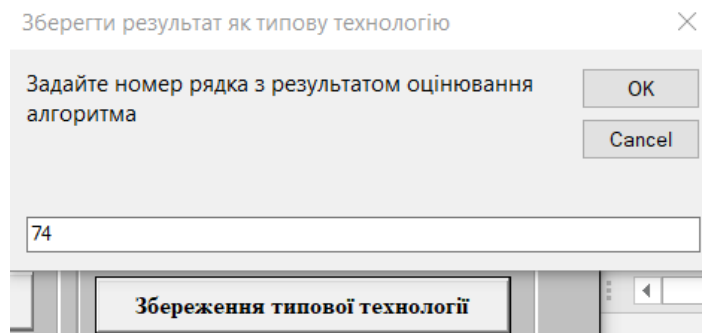


Рисунок 4.24 – Збереження типової технології

На листі типові технології (рис 4.25) будуть зберігатись назви системи, підсистеми та процесу, що були введені при описі ФМ та показники часу та надійності отримані в результаті оцінки алгоритму.

Назва системи	Назва підсистеми	Назва процесу	Ймовірність виконання без помилки		Мат. очікування часу виконання	Дисперсія часу виконання
			1-го типу	2-го типу		
ЦПС	Діяльність кваліфікованого оператора з операціями, що виконуються вручну	Виконання заявки	0.945733432		78.46555008	34.97158813
ЦПС	Діяльність кваліфікованого оператора з автоматизованими операціями й контролем	Виконання заявки	0.927901855		51.87761908	15.38562202
ЦПС	Діяльність кваліфікованого оператора під контролем керівника	Виконання заявки	0.930358365		63.93032789	20.59569359
ЦПС	Діяльність некваліфікованого оператора з операціями, що виконуються вручну під контролем керівника	Виконання заявки	0.745423503		87.54174496	53.02915573
ЦПС	Діяльність оператора-керівника	Виконання заявки	0.969437281		56.37969443	13.13410091

Рисунок 4.25 – Типові технології

Збережені типові технології також можна буде порівнювати, для цього треба на головній формі програми натиснути на кнопку “Порівняння технологій” і в формі, що відривається обрати необхідні типові технології, що отримуються з довідника збережених типових технологій (рис. 4.26).

Порівняння результатів ×

Перша технологія:

Друга технологія:

Рисунок 4.26 – Вибір технологій

При натисненні на кнопку “Порівняти” на листі “Порівняння технологій” автоматично створюються діаграми, що дозволяють наочно побачити різницю в показниках надійності і часу алгоритмів (рис. 4.27).

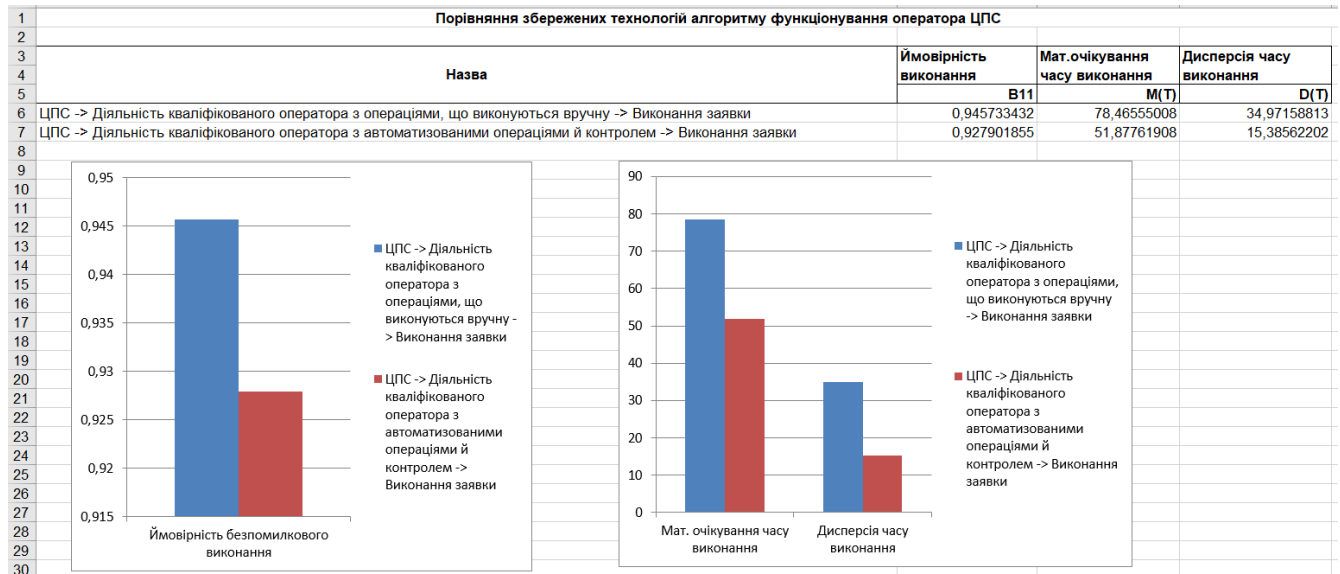


Рисунок 4.27 – Порівняння технологій

Після оцінки надійності для всіх операторів та типів операцій було побудовано діаграми, що відображають ефективність тих чи інших алгоритмів. Проаналізувавши результати оцінки для операторів, наявних в довіднику операцій (рис. 4.28 - 4.29) - отримані висновки, щодо вибору раціональної діяльності. Звичайно, що виконання заявки при спрацюванні сигналізації на об'єкті оператором керівником має досить гарні показники часу й надійності, але він може це робити лише в непередбачуваних обставинах або при перевантаженні інших операторів. Некваліфіковані оператори виконують більшість своїх операцій вручну через брак знань і досвіду, їх показники є низькими, але вони працюють під контролем оператора-керівника і тому це є припустимо для організації, що займається охороною об'єктів. У кваліфікованого оператора є три варіанти діяльності, виконувати операції вручну, виконувати деякі операції автоматизовано й виконувати операції автоматизовано під контролем керівника. Раціональною діяльністю є виконання алгоритму з автоматизованими операціями і контролем, надійність такого виконання достатньо висока, а показники часу виконання є дуже низькими, що є переважаючим фактором для охоронної організації.

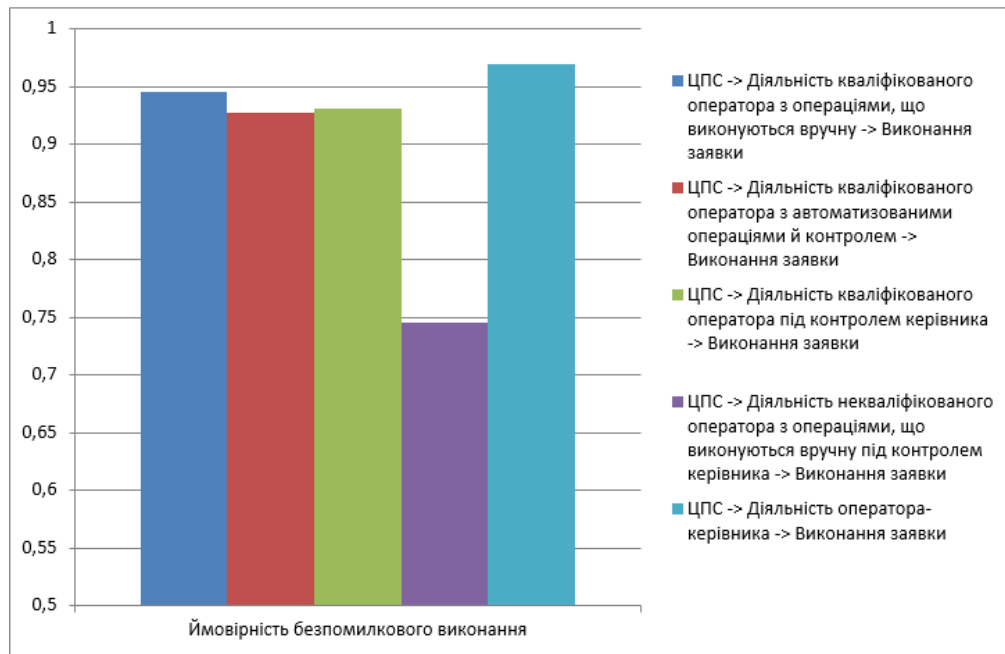


Рисунок 4.28 – Ймовірнісні показники алгоритмів

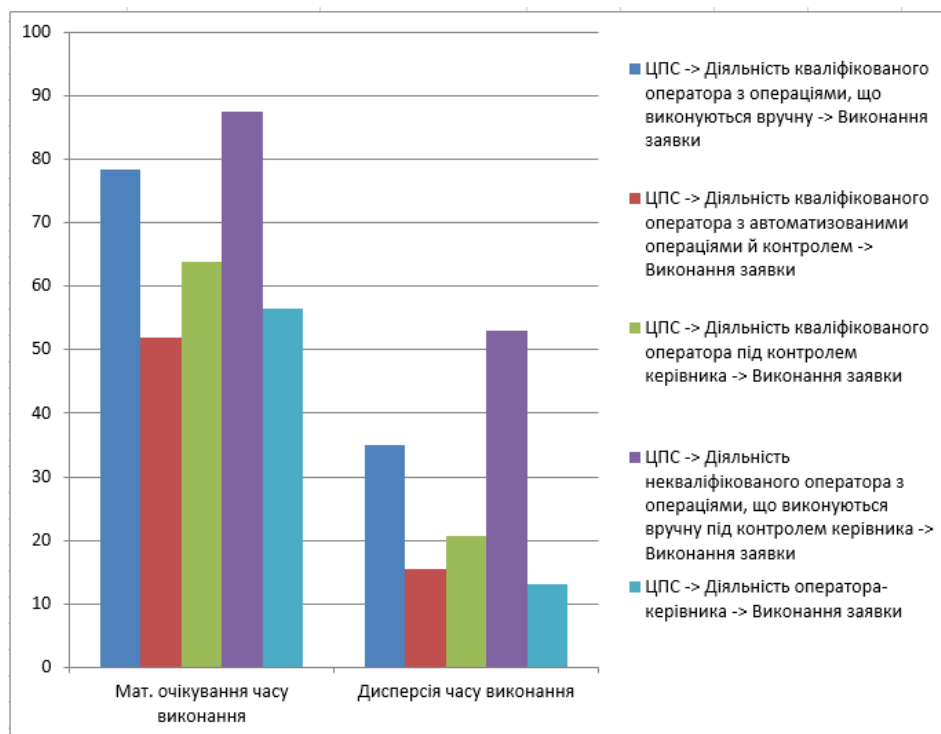


Рисунок 4.29 – Показники часу алгоритмів

ВИСНОВКИ

Від організації діяльності операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами залежить наскільки швидко та ефективно буде ліквідована проблемна ситуація.

Для моделювання діяльності операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами доцільно використовувати мову описання функціональних мереж.

Розроблені математичні моделі дозволяють швидко аналізувати вірогідність безпомилкового і своєчасного виконання операцій.

Наукова новизна полягає в тому, що на відміну інтуїтивних методів забезпечення діяльності операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами запропоновані моделі інформаційної технології ґрунтуються на формальних моделях, які забезпечують оцінювання варіантів ефективності діяльності з урахуванням всіх факторів, що впливають на оператора.

Практичне значення полягає в тому, що використання інформаційної технології в централізованих пультах спостереження забезпечує швидкий онлайн аналіз ефективності роботи по виявленню і усуненню проблемних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Security and protection system [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.britannica.com/technology/security-and-protection-system>.

2. Integrated security strategy [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.isa.org/integrated-security-strategy-protect-industrial-assets>.

3. Central station alarm monitoring [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.securityinfowatch.com/alarms-monitoring/central-station-alarm-monitoring/monitoring-station-consoles/article/11396615/how-to-improve-productivity-and-wellness-in-central-monitoring-stations>.

4. Організація роботи централізованої охорони [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/392518/

5. Control room [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.entelec.eu/solutions/control-room>.

6. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Mukoseev, V., & Dubovyk, S. (2020). Automation of reliability assessment of functional elements of flexible automated production based on functional network methodology. In CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2740, pp. 357–364, CEUR-WS.

7. T.A. Bentley, S.T.T. Teo, L. McLeod, F. Tana, R. Bosua, M. Gloet //Applied Ergonomics.– 2016.– № 52.– pp. 207–215.

8. A. V. Bogomolov, G. A. Sviridyuk, A. V. Keller, V. N. Zinkin and M. D. Alekhin, "Information-logical modeling of information collection and processing at the evaluation of the functional reliability of the aviation ergate control system operator," in Proceedings of the Third International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo-2018), Saint Petersburg, Russia, 2018, pp. 106–110.

9. M. Havlikovaa, M. Jirglb, Z. Bradac, “Human reliability in man-machine systems,” *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 1207–1214, 2015.

10. S. F. Sergeev, A.N. Anokhin, P. I. Paderno, A.A. Oboznov, “II International scientific-practical conference "Ergo 2016: Human factor in complex technical systems and environments,” *Psikhologicheskii Zhurnal*, vol. 38, no.1, pp. 136– 138, 2017.

11. M. G. Grif, S. A. Kocheto., N. D. Ganelina, “Functional-structural theory based techniques for human-machine systems optimal design,” in *Proceedings of the 13 International Scientific. Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering*, Russia, Novosibirsk, October 2016, vol. 1, part 2, pp. 494–497.

12. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Optimization of the activity of operators of critical systems by methods of regulating operationalo tension. In *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 2105, pp. 227–234, CEUR-WS.

13. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / Адаменко А.Н., Ашеров А.Т., Лавров Е.А. и др.. под общ. ред. Губинского А.И. и Евграфова Е.Г. – М. : Машиностроение, 1993. – 528 с.

14. Burov, O., Lavrov, E., Pasko, N., Hlazunova, O., Lavrova, O., Kyzenko, V., & Dolgikh, Y. (2020). Self-adjusted data-driven system for prediction of human performance. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 1131 AISC, pp. 282–287, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_45

15. Анохин А.Н. Отечественная эргономика и эргономическое сообщество: состояние и направления развития / А.Н. Анохин // *Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики*. – 2014. – №1(68). – С. 4-15.

16. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Natalia, M. (2020). Mathematical Models for Reducing Functional Networks to Ensure the Reliability and Cybersecurity of Ergatic Control Systems. In *Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering*, TCSET

2020, pp. 179–184. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235418>

17. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Automation of Functional Reliability Evaluation for Critical Human-Machine Control Systems. In Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019, pp. 144–147. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CTS48763.2019.8973294>

18. Lavrov, E., Kozhevnykov, G., Pasko, N., Gonchar, V., & Mukoseev, V. (2019). Improvement for Ergonomic Quality of Man-Machine Interaction in Automated Systems based on the Optimization Model. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings, pp. 735–740. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632074>

19. Lavrov, E., Pasko, N., & Borovyk, V. (2019). Management for the Operators Activity in the Polyergatic System. Method of Functions Distribution on the Basis of the Reliability Model of System States. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings, pp. 423–428. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632102>

20. Lavrov, E., Pasko, N., Lavrova, O., & Savina, N. (2019). Models for the Description of Man-Machine Interaction for the Tasks of Computer-Aided Assessment of the Reliability of Automated Systems. In 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 – Proceedings, pp. 176–181. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847767>

21. Marie Havlikova, Miroslav Jirglb, Zdenek Bradacc. Human Reliability in Man-Machine Systems / 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing

and Automation, DAAAM 2014. *Procedia Engineering* Volume 100, 2015, pp. 1207-1214.

22. V. S. Martina and S. F. Sergeev, "Engineering and psychological problems of multidimensional interfaces," in *Proceedings of the Third International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo-2018)*, Saint Petersburg, Russia, 2018, pp. 94–96.

23. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Osadchyi, V. (2020). Ergonomics of the cyberspace. modeling mathematical to create operators groups for timely and error-free functions implementation in a control system distributed. In *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 2740, pp. 380–385, CEUR-WS.

24. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Support Decision Method for Ergonomic Ensuring Quality in IT Polyergatic Resource Centers Management. In *Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019*, pp. 148–151, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

25. Lavrov, E. A., Pasko, N. B., & Snytyuk, V. E. (2018). Information Technology for Distribution of Functions between Operators as a Means of Improving the Reliability of Polyergatic Systems. In *Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018*, pp. 71–76. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443832>

26. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Burkov, E. A., Siryk, O. E., & Pasko, N. B. (2020). Information Technology for Modeling Human-machine Control Systems and Approach to Integration of Mathematical Models for Its Improvement. In *Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020*, pp. 117–120. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198791>

27. Mochurad L.I., Boyko N.I., Yatskiv M.V. Modeling of human stress situation in automated process control systems. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 2020, vol. 30, № 1. pp. 152–157.

28. Anokhin A., Ivkin A. Evaluation of ecological interface design for supporting cognitive activity of nuclear plant operators. *Proc. 5th Int. Conf. on Applied Human Factors and Ergonomics 2014*. Krakow, 2014, pp. 260–270.

29. Лавров Е.А. Подход к формированию банка оптимизационных моделей для распределения функций между операторами АСУ / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий, серия «Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты»*. – Харьков. – 2011. – №1/4 (49). – С. 46 – 50.

30. Пасько Н.Б. обеспечение надежности деятельности операторов систем обработки информации и управления при распределении функций между ними. автореф. дис. канд. техн. наук. 05.01.04; Харьковская национальная академия городского хозяйства. – Харьков, 2016. – 30 с.

31. C. Osterman, “Conceptual and practical strategy work to promote ergonomics/human factors in Sweden,” in *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, IEA 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 821. pp. 320–329. DOI: 10.1007/978-3-319-96080-7_37

32. P. C. Cacciabue, “Human error risk management for engineering systems: a methodology for design, safety assessment, accident investigation and training,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 83, Issue 2, pp. 229–269, 2014

33. Wang, Y., Zheng, L., Hiu, T., Zheng, Q. Stress, burnout and job satisfaction: case of police force in China / Y. Wang, L. Zheng, T. Hiu // *Public Pers. Manag.* – 2014. – №43, – pp. 325-339.

34. N. A. Nazarenko, P. I. Paderno and I. G. Gorodetsky, "Training of ergonomists (preparation and retraining)," in *Proceedings of the Third International Conference Ergo-*

2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo-2018) , Saint Petersburg, Russia, 2018, pp. 77–81.

35. Pizziol, S., Tessier, C. and Dehais, F. (2014), "Petri net-based modelling of human-automation conflicts in aviation", *Ergonomics*, Vol. 57, No. 3, pp. 319–331.

36. Burkov, E. A., Paderno, P. I., Siryk, O. E., Lavrov, E. A., & Pasko, N. B. (2020). Analysis of Impact of Marginal Expert Assessments on Integrated Expert Assessment. In *Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020*, pp. 14–17. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198772>

37. Lavrov, E., Paderno, P., Burkov, E., Volosiuk, A., & Lung, V. D. (2020). Expert assessment systems to support decision-making for sustainable development of complex technological and socioeconomic facilities. In *E3S Web of Conferences (Vol. 166)*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016611002>

38. Lavrov, E., Lavrova, O., Pasko, N., Kyzenko, V., & Savina, N. (2019). Assessment of the reliability of a human operator in access systems to information resources. In *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 – Proceedings*, pp. 51–56. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/PICST47496.2019.9061495>

39. M. G. Grif, E. V. Geniatulina, N. D. Ganelina, “Design and modelling in optimization of human-machine systems functioning,” in *Proceedings of the International Siberian conference on control and communications (SIBCON-2015)*, Omsk, 21–23 May, 2015, Art. 87, p. 5.

40. Lavrov, E., Krivodub, A., Pasko, N., Kontsevich, V & Barchenko, N.. (2016). Outsourcing Ergonomics of IT. Mathematical development of a model to functions distribute among operators. *Journal Eastern-European of Technologies Enterprise*, pp. 32–42.

ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на розробку інформаційної системи
«Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта
спостереження за об'єктами»

Призначення й мета створення інформаційної системи

Призначення інформаційної системи

Інформаційна система має покращити ефективність роботи операторів централізованого пульта спостереження за об'єктами шляхом моделювання проектних варіантів та аналізу отриманих об'єктивних кількісних характеристик ЦПС.

Мета створення інформаційної системи

Зниження впливу факторів призводить до аварійних ситуацій, покращення якості роботи та умов праці оператора за рахунок використання інформаційної системи.

Цільова аудиторія

До цільової аудиторії інформаційної системи можна віднести структури, що займаються охороною об'єктів, а також інші структури, які можуть використати інформаційну систему для оптимізації роботи оператора автоматизованих комплексів.

Вимоги до інформаційної системи

Вимоги до інформаційної системи в цілому

Вимоги до функціонування інформаційної системи

Інформаційною системою може скористатись кожен на базі комп'ютера з операційною системою Windows 7 і вище, та встановленим пакетом Microsoft Office.

Вимоги до користувача

Користувач повинен мати навички роботи з Microsoft Office Excel та розуміти математичну модель функціональної сітки для роботи з інформаційною системою.

Вимоги до збереження інформації

Уся інформація при роботі з інформаційною системою буде зберігатися на окремих листах в Microsoft Excel у вигляді довідника.

Структура інформаційної системи

Загальна інформація про структуру інформаційної системи

Інформаційна система на базі Microsoft Excel повинна складатися із листів, що містять всі дані для роботи з програмою: довідник типових функціональних одиниць, довідник типових функціональних структур, довідник типових технологій, довідник впливу факторів на показники якості виконання операцій, лист з протоколом редукції, лист з вибором варіанта, лист з аналізом результатів.

Навігація

Для того щоб переходити по розділам інформаційної системи можна буде скористатись безпосередньо інтерфейсом Microsoft Excel, або головною формою інформаційної системи, на якій будуть знаходитись кнопки для навігації по листах.

Наповнення інформаційної системи

Заповнення та редагування контенту може бути зроблено вручну, використовуючи інтерфейс MS Excel, шляхом заповнення потрібних комірок даними, але такий варіант менш безпечний, тому основні дії в інформаційній системі по введенню інформації можна буде виконати використовуючи інтерфейс безпосередньо інформаційної системи.

Дизайн та структура додатку

Стиль інформаційної системи має бути сучасним, у стилі мінімалізму, приємним для сприйняття, у якості основних кольорів було запропоновано використати світлі, приємні для зору відтінки.

Система навігації

Карта інформаційної системи зображена на рисунку А.1.



Рисунок А.1 – Карта інформаційної системи

Вимоги до функціонування системи

Функціональні вимоги

Інформаційна система повинна забезпечувати можливість формально в вигляді алгоритму діяльності описати послідовність дій оператора, можливість введення структури діяльності оператора, можливість введення часових і надійнісних характеристик виконання оператором окремих операцій. Також розробка повинна мати можливість розраховувати: вірогідності безпомилкового виконання діяльності, математичного очікування та дисперсії часу виконання діяльності та вірогідності своєчасного виконання діяльності.

Системні вимоги

Даний розділ визначає, розподіляє та вказує на системні вимоги, визначені розробником. Їх перелік наведений в таблиці А.1

Таблиця А.1– Системні вимоги

ID	Системні вимоги	Опис
SR-01	Наявність головної форми	Інтерфейс, що дає можливість користуватись інформаційною системою
SR-02	Наявність розділу “Довідник ТФС”	Заповнюється до початку експлуатації інформаційної системи, виступає в ролі довідника, містить перелік типових функціональних структур.

SR-03	Наявність розділу “Довідник ТФО”	Заповнюється до початку експлуатації інформаційної системи, виступає в ролі довідника, містить перелік типових функціональних одиниць.
SR-04	Наявність розділу “Типові технології”	Виступає в ролі довідника, зберігає інформацію про типові технології.
SR-05	Наявність розділу “Якість виконання операцій”	Інформаційна база, що зберігає інформацію про вплив факторів на показники якості виконання операцій оператором.
SR-06	Наявність розділу “Аналіз результатів”	Містить дані й показники збережених типових технологій.
SR-07	Наявність розділу “Протокол редукції”	Надає інформацію про результати згортання функціональної мережі.

Вимоги до видів забезпечення

Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Інформаційна система має бути виконана українською мовою.

Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення клієнтської частини повинне задовольняти наступним вимогам:

- операційна система Windows 7 та вище.
- встановлений пакет Microsoft Office 2007 і вище.

Склад і зміст робіт зі створення інформаційної системи

Докладний опис етапів роботи зі створення інформаційної системи наведено на рисунку А.2.

	Режим задачі	Назва задачі	Длительнс
1		Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами	35 днів
2		Ініціювання	3 днів
3		Аналіз предметної області	1 день
4		Аналіз існуючих інструментів	1 день
5		Ідентифікація ідеї проекту	1 день
6		Планування	6 днів
7		Визначення вимог	2 днів
8		Визначення інструментів реалізації	1 день
9		Розроблення PDM-мережі	1 день
10		Розрахунок бюджету	1 день
11		Визначення ризиків	1 день
12		Реалізація	23 днів
13		Обстеження діяльності оператора	2 днів
14		Побудова моделей алгоритмів діяльності	4 днів
15		Формування даних про час і безпомилковість виконання оператором окремих операцій	3 днів
16		Вибір або розробка математичних моделей для ТФС діяльності	3 днів
17		Розробка програмного забезпечення для оцінки діяльності операторів	5 днів
18		Оцінка альтернативних варіантів діяльності	2 днів
19		Тестування	2 днів
20		Розробка рекомендацій по організації діяльності операторів	2 днів
21		Завершення	3 днів
22		Створення документації	1 день
23		Створення користувацької інструкції	1 день
24		Введення в експлуатацію	1 день

Рисунок А.2 – Етапи створення інформаційної системи

ДОДАТОК Б. Планування робіт

Деталізація мети методом SMART.

S – конкретність, специфічність – розробити моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами.

M – вимірюваність – розробити моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами за 50 днів.

A – узгодженість – розробити моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами на основі існуючих інструментів і технологій.

R – реалістичність, релевантність – розробити моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами урахувавши бюджет, часові та матеріальні ресурси, ризики.

T – обмеженість в часі – розробити моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами на основі сформованого календарного плану проекту.

Планування змісту структури робіт IT-проекту.

Для того щоб швидше розробити проект, та спростити всю роботу по реалізації, раціонально виконати розбиття проекту на менш складні процеси, так звані елементарні роботи. Таке розбиття (декомпозиція) виконується до тих пір, поки кожен етап проекту не буде розбитий на декілька менш складних і трудомістких процесів. Ці процеси мають, зазвичай, один чіткий результат, який використовується при прийнятті цієї роботи. Результат декомпозиції проекту можна побачити на WBS діаграмі, що зображена на рисунку Б.1.

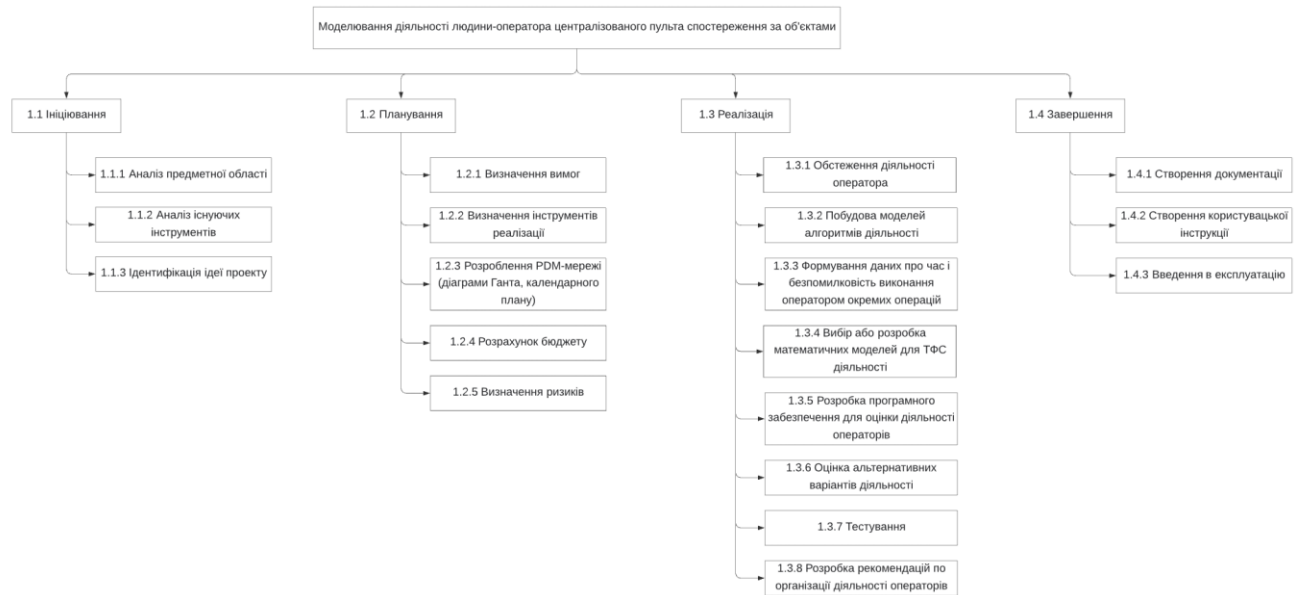


Рисунок Б.1 – WBS діаграма проекту

Планування структури організації, для впровадження готового проекту.

OBS-структура програмного продукту проекту – організаційна структура виконавців проекту. Визначається за переліком пакетів робіт нижнього рівня кожної гілки WBS-структури. Представляється відповідальними за виконання пакетів робіт. Основними виконавцями розробки проекту виступають Лавров Є.А. у ролі куратора проекту, Рудик В.В. у ролі розробника, та тестувальник. OBS-структуру програмного продукту проекту представлено на рисунку Б.2.

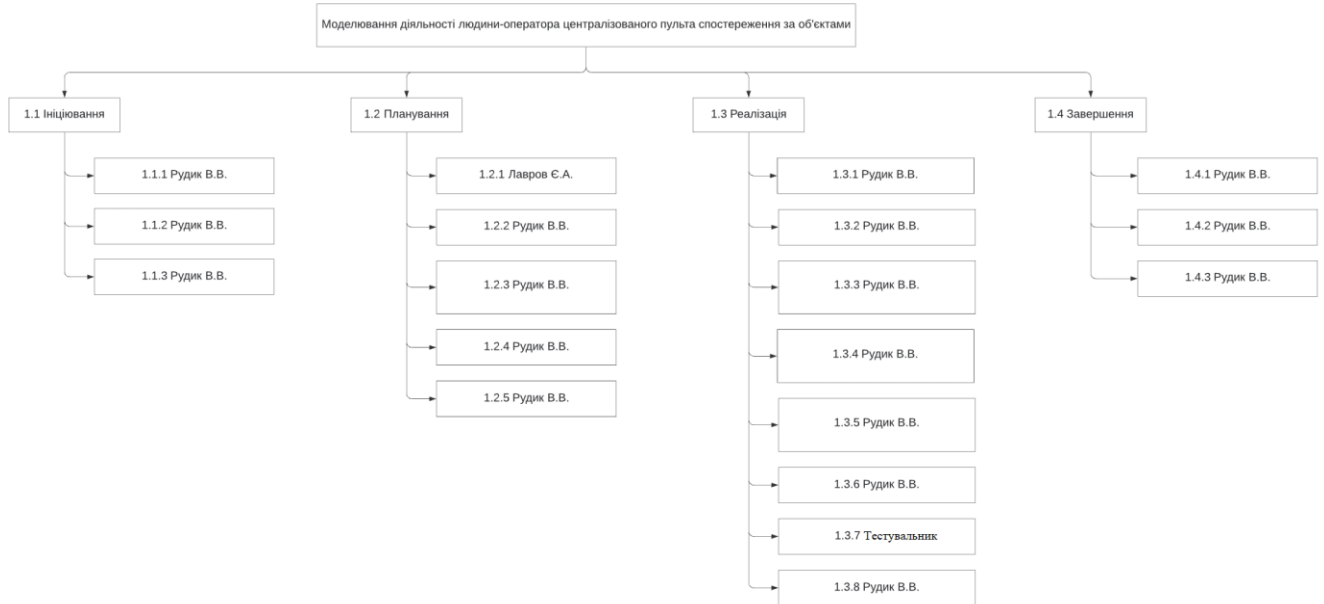


Рисунок Б.2 – OBS-структура проекту

Побудова матриці відповідальності.

На підставі OBS та WBS структур побудовано матрицю відповідальності проекту. Вона закріплює за кожною елементарною роботою виконавця. Матрицю відповідальності представлено в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Матриця відповідальності

WBS \ OBS		Лавров Є.А.	Рудик В.В.	Тестувальник
1.1	1.1.1		X	
	1.1.2		X	
	1.1.3		X	
1.2	1.2.1	X		
	1.2.2		X	
	1.2.3		X	
	1.2.4		X	
	1.2.5		X	
1.3	1.3.1		X	
	1.3.2		X	
	1.3.3		X	

	1.3.4		X	
	1.3.5		X	
	1.3.6		X	
	1.3.7			X
	1.3.8		X	
1.4	1.4.1		X	
	1.4.2		X	
	1.4.3		X	

Побудова календарного графіку створення програмного продукту проекту.

Для того, щоб мати реальне уявлення про тривалість виконання робіт з урахуванням обмеженості у використанні ресурсів, на підставі часткової мережевої моделі, а також, проекту в цілому з урахуванням вихідних та святкових днів, було побудовано календарний графік робіт у вигляді діаграми Ганта. Реалізовано діаграму Ганта в MS Project, урахувавши свята, тривалість робочого дня, трудові і часові ресурси. Результати зображені на рисунках Б.3-4.

	Task Mode	Название задачи	Duration	Resource Names	Start	Finish	Cost	Predecessor
1		Модельювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами	35 days		Mon 05.04.21	Fri 21.05.21	6 960,00 €	
2		Ініціювання	3 days		Mon 05.04.21	Wed 07.04.21	540,00 €	
3		Аналіз предметної області	1 day	Рудик В.В.	Mon 05.04.21	Mon 05.04.21	180,00 €	
4		Аналіз існуючих інструментів	1 day	Рудик В.В.	Tue 06.04.21	Tue 06.04.21	180,00 €	3
5		Ідентифікація ідей проекту	1 day	Рудик В.В.	Wed 07.04.21	Wed 07.04.21	180,00 €	4
6		Планування	6 days		Thu 08.04.21	Thu 15.04.21	1 920,00 €	2
7		Визначення вимог	2 days	Лавров Є.А.	Thu 08.04.21	Fri 09.04.21	1 200,00 €	
8		Визначення інструментів реалізації	1 day	Рудик В.В.	Mon 12.04.21	Mon 12.04.21	180,00 €	7
9		Розроблення PDM-мережі	1 day	Рудик В.В.	Tue 13.04.21	Tue 13.04.21	180,00 €	8
10		Розрахунок бюджету	1 day	Рудик В.В.	Wed 14.04.21	Wed 14.04.21	180,00 €	9
11		Визначення ризиків	1 day	Рудик В.В.	Thu 15.04.21	Thu 15.04.21	180,00 €	10
12		Реалізація	23 days		Fri 16.04.21	Tue 18.05.21	3 960,00 €	6
13		Обстеження діяльності оператора	2 days	Рудик В.В.	Fri 16.04.21	Mon 19.04.21	360,00 €	
14		Побудова моделей алгоритмів діяльності	4 days	Рудик В.В.	Tue 20.04.21	Fri 23.04.21	720,00 €	13
15		Формування даних про час і безпомилковість виконання оператором окремих операцій	3 days	Рудик В.В.	Mon 26.04.21	Wed 28.04.21	540,00 €	14
16		Вибір або розробка математичних моделей для ТФС діяльності	3 days	Рудик В.В.	Thu 29.04.21	Mon 03.05.21	540,00 €	15
17		Розробка програмного забезпечення для оцінки діяльності операторів	5 days	Рудик В.В.	Tue 04.05.21	Mon 10.05.21	900,00 €	16
18		Оцінка альтернативних варіантів діяльності	2 days	Рудик В.В.	Tue 11.05.21	Wed 12.05.21	360,00 €	17
19		Тестування	2 days	Тестувальник	Thu 13.05.21	Fri 14.05.21	180,00 €	18
20		Розробка рекомендацій по організації діяльності операторів	2 days	Рудик В.В.	Mon 17.05.21	Tue 18.05.21	360,00 €	19
21		Завершення	3 days		Wed 19.05.21	Fri 21.05.21	540,00 €	12
22		Створення документації	1 day	Рудик В.В.	Wed 19.05.21	Wed 19.05.21	180,00 €	
23		Створення користувацької інструкції	1 day	Рудик В.В.	Thu 20.05.21	Thu 20.05.21	180,00 €	22
24		Введення в експлуатацію	1 day	Рудик В.В.	Fri 21.05.21	Fri 21.05.21	180,00 €	23

Рисунок Б.3 – Календарний графік проекту

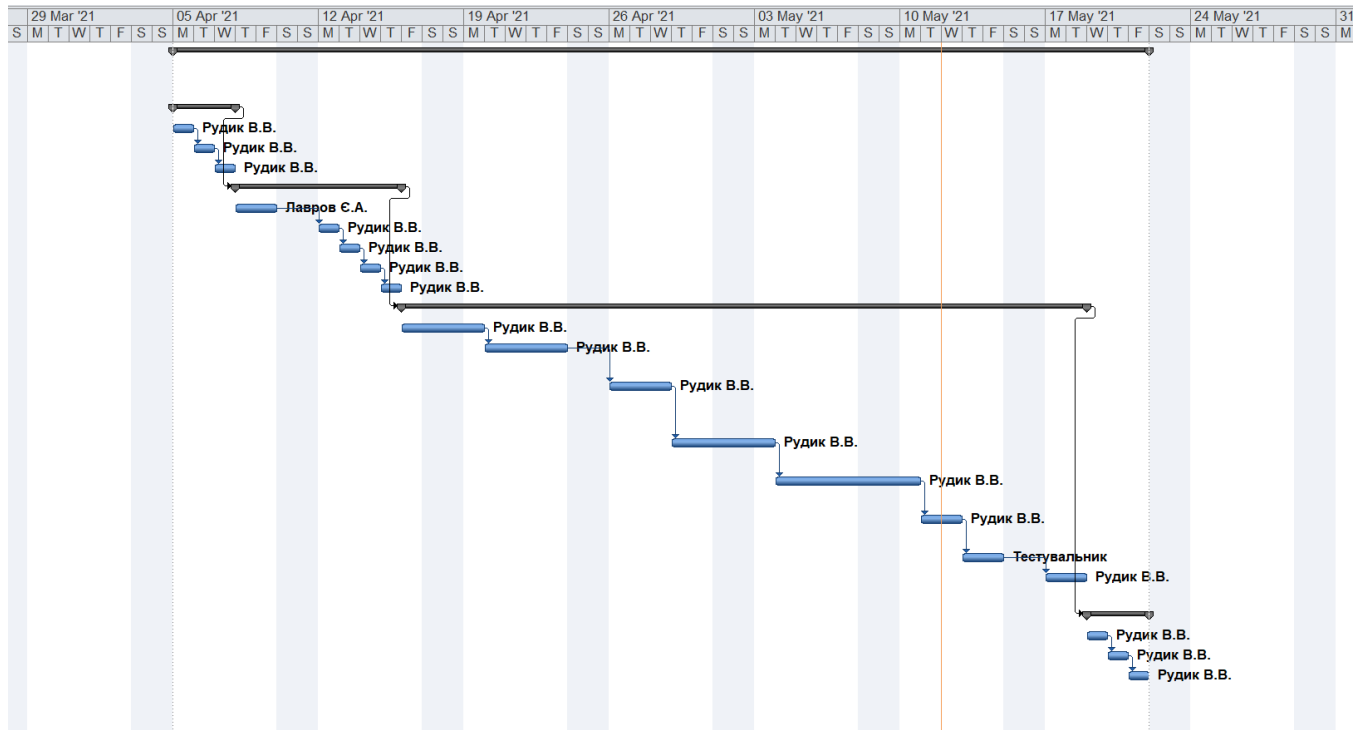


Рисунок Б.4 – Діаграма Ганта

ДОДАТОК В

Аналіз способів опису людино-машинних систем

Таблиця В.1.

Метод Характеристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
1. Загальні дані						
1.1 основний автор	Ляпунов А.А	Ахьюджа Х.	Прицкер А.А	Гусаков А.А.	Губінский А.И. Ашерев Т.А.	Ротштейн А.П.
1.2 Рік розробки	1960	1979	1972	1972-1974	1969-1981 1977-1993	1990-1997
1.3 Основна спрямованість методу	опис алгоритмів	Опис і оцінка комплексів робіт в промисловості і будівництві	Опис і оцінка довільних процесів	Опис і оцінка організаційно-технологічної надійності комплексів робіт в будівництві	Універсальна орієнтація на опис і оцінку будь-яких процесів функціонування. Опис і оцінка ефективності функціонування дискретних інформаційно-виробничих ерготехнічних систем	Опис і оцінка бездефектного функціонування промислових ЧМС, в тому числі в нечітких умовах

Продовження таблиці В.1.

Метод Характеристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
1.4 Наявність засобів автоматизації моделювання	Ручні	На різних класах ЭВМ	На ЕС ЭВМ	На ЕС ЭВМ	На ЕС ЭВМ ПК	Персональні комп'ютери MS DOS
2. Описові можливості метода						
2.1 форма подання АФ ЭТС	Граф работ (вершины – работы, дуги – отношение следования во времени)	Граф работ (вершины - работы, дуги - відношення слідування в часі)	Граф подій (вершины - події, дуги - роботи)	Граф подій (вершины - події, дуги - роботи)	Граф "робит-подій" (вершины двух типів: работы і події, дуги - відношення слідування в часі з широкими логічними функціями)	Граф подій (вершины - події, дуги - роботи)
2.2 Склад символів алфавіту	Две работы (оператор и логическое условие)	Тільки одновихідні роботи	Одновихідні і двовихідні роботи	Тільки одновихідні роботи	П'ятнадцять функціонерів і чотирнадцять композиціонерів	Три оператора работ і два оператора умов

Продовження таблиці В.1.

Метод Характеристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
2.3 Можливість представлення						
а) послідовних робіт	Так	Так	Так	Так	Так	Так
б) паралельних робіт з ФАЛ на вході "Г"	Ні	Так	Так	Так	Так	Так
в) паралельних робіт з ФАЛ на вході "АБО виключити" / "АБО включити"	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
г) паралельних робіт з ФАЛ на вході "Г"	Ні	Так	Так	Так	Так	Так

Продовження таблиці В.1.

Метод Характеристика	Граф-схеми алгоритмі в (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
д) паралельных работ из ФАЛ на выходе "ИЛИ исключить" /"ИЛИ включить"	Так/Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
е) циклов (возвращен)	Так	Ні	Так	Ні	Так	Так
ж) циклов (доопрацювань)	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
3. Можливості обліку та подання переривань робіт через виявлені збої, помилки, відмови						
	Ні	Ні	Ні	Ні	Так	Так
4. Можливості обліку не знайдених збоїв, помилок, відмов						
	Ні	Ні	Ні	Ні	Так	Так
5. Основні недоліки метода						
	Слабкі логічні можливості	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Висока складність методу	Висока складність методу

Продовження таблиці В.1.

Метод	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
6. Загальна оцінка описових можливостей						
	Примітивна (історично перша спроба)	Слабка	Гарна	Слабка	Найбільш висока з усіх існуючих на сьогодні	Висока
7. Можливості оцінки методом						
7.1 Облік стохастичності результатів (через помилки і відмови)	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
7.2 Облік стохастичності часу виконання роботим	Ні	Так	Так	Ні	Так	Так

Продовження таблиці В.1.

Метод	Граф-схеми алгоритмі в (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
8. Характеристики часу розподілу						
8.1 Закон розподілу	Ні	Бета-розподіл	Нормальний або бета-розподіл	Нормальний або бета-розподіл	Гамма-розподіл (експоненціальний, нормальне, дискретний розподіл)	Різні функції розподілу
8.2 Показники	Ні	Параметри розподілу бети	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія
9. Загальна характеристика можливостей оцінки						
9.1 Рівень	Нульовий	Тільки часові характеристики	Тільки часові характеристики (з урахуванням імовірнісних результатів)	Тільки часові характеристики (з урахуванням імовірнісних результатів)	Як часові характеристики так і характеристики бездефектності (з урахуванням помилок, структурних відмов, оргвідмов)	Як часові характеристики так і характеристики бездефектності (з урахуванням помилок, структурних відмов, оргвідмов)

Продовження таблиці В.1.

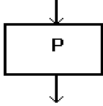
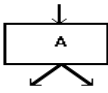
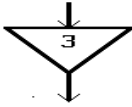
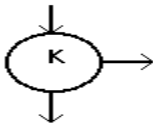
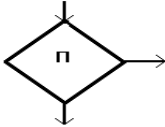
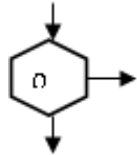
Метод	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
Характеристика						
9.2 Наукоємкість (міра використання аналітичних моделей)		Слабка	Середня	Слабка (тільки імітаційні моделі)	Висока (в основі аналітичні моделі)	Висока (в основі аналітичні моделі)
9.3 Можливість розширення номенклатури оцінюваних показників		Ні	Ні	Є	Є (можливо доповнити дорогою номенклатурою якісні та кількісні показники)	Є (можливо доповнити дорогою номенклатурою якісні та кількісні показники)
9.4 Складність отримання оцінки		Середня	Підвищена	Середня	Висока	Висока

Продовження таблиці В.1.

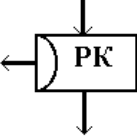
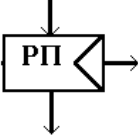
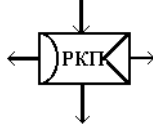
Метод	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
Характеристика						
10. Загальна оцінка метода						
	Придатний тільки для опису структур алгоритмів і процесів	Придатний для оцінки часових характеристик процесів з обмеженою логікою	Придатний для оцінки часових характеристик процесів з ймовірними наслідками і розширеної логікою	Придатний для оцінки часових характеристик і своєчасності виконуваних процесів	Придатний для оцінки часових і надійностних характеристик будь-яких процесів функціонування ЕТС з урахуванням помилок, структурних відмов і оргвідмов	Придатний для оцінки часових і надійностних характеристик будь-яких процесів функціонування ЕТС з урахуванням помилок, структурних відмов і оргвідмов

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1- Типові функціональні одиниці.

Види функціонерів	Назва	Умовне позначення
Основні	Робочий	
	Логічний (Альтернативний)	
	Затримки	
Допоміжні	Функціональний контроль	
	Діагностичний контроль	
	Організаційний контроль	

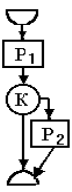
Продовження таблиці Г.1.

Назва	Умовне позначення
Робочий з одночасним контролем результатів функціонування	
Робочий з одночасною діагностикою техніки	
Робочий з одночасним контролем результатів функціонування і діагностикою техніки	

ДОДАТОК Д

Таблиця - Д.1. Типові функціональні структури.

Зміст типової функціональної структури (ТФС)	Схема ТФС	Показник	Розрахункова формула
1. Послідовне виконання робочих операцій, RR		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = \prod_{i=1}^n B_i$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = \sum_{i=1}^n M(X_i)$ $X = \{T, W, C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X) = \sum_{i=1}^n D(X_i)$ $X = \{T, W, C\}$
2. Циклічна функціональна схема "Робоча операція з контролем функціонування"		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = B^1 * K^{11} * \frac{1}{1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00})}$

Зміст типової функціональної структури (ТФС)	Схема ТФС	Показник	Розрахункова формула
без обмеження на кількість циклів", РК		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = (M(X_p) + M(X_k)) * M(L)$ $M(L) = \frac{1}{1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00})}$ $X = \{T, W, C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X) = D(L) * (M(X_p) + M(X_k))^2 + (D(X_p) + D(X_k)) * M(L)$ $D(L) = \frac{B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00}}{(1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00}))^2}$ $X = \{T, W, C\}$
Робоча операція с контролем функціонування и исправлением ошибки без циклов, RKR1		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = B_1^1 * K^{11} + (B_1^0 * K^{00} + B_1^1 * K^{10}) * B_2^1$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = M(X_{p1}) + M(X_k) + (B_1^0 * K^{00} + B_1^1 * K^{10}) * M(X_{p2})$ $X = \{T, W, C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X) = D(X_{p1}) + D(X_k) + (B_1^0 * K^{00} + B_1^1 * K^{10}) * D(X_{p2}) + (B_1^0 * K^{00} + B_1^1 * K^{10}) * (B_1^1 * K^{11} + B_1^0 * K^{01}) * M^2(X_{p2})$ $X = \{T, W, C\}$

Зміст типової функціональної структури (ТФС)	Схема ТФС	Показник	Розрахункова формула
Циклічна ФС «Робоча операція з контролем функціонування, виправленням та повторенням робочої операції без обмеження на кількість циклів», <i>RKR</i>		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = \frac{B_1^1 * K^{11} (1 - K^{00} * B_2^0)}{K^{01} + B_1^1 * B_2^1 (K^{11} - K^{01})}$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = M(X_{p1}) + M(X_k) + [M(X_{p1}) + M(X_{p2}) + M(X_k)] * \frac{B_1^1 * K^{10} + B_1^0 * K^{00}}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 * K^{00})}, \text{ где}$ $B^1 = B_1^1 * B_2^1; \quad B^0 = 1 - B^1$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(T) = D(X_{p1}) + D(X_k) + [D(X_{p1}) + D(X_{p2}) + D(X_k)] * \frac{B_1^1 * K^{10} + B_1^0 * K^{00}}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 * K^{00})} + \frac{B_1^1 * K^{10} + B_1^0 * K^{00}}{(1 - (B^1 K^{10} + B^0 * K^{00}))^2} * \frac{B_1^1 * K^{10} + B_1^0 * K^{00}}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 * K^{00})} * \frac{B_1^1 * K^{11} + B_1^0 * K^{01}}{(1 - (B^1 K^{10} + B^0 * K^{00}))^2} * [M(X_{p1}) + M(X_{p2}) + M(X_k)]^2$ <p>где $X = \{T, W, C\}$</p>

ДОДАТОК Е

Показники, що використовуються для обчислення часових та надійнісних характеристик алгоритму:

Група результуючих показників, які є результатом розрахунку і є оціночними для ергатичної системи в цілому або окремої функції:

π - ймовірність безпомилкового виконання функцій;

θ - ймовірність своєчасного виконання функцій;

φ - ймовірність правильного безпомилкового і своєчасного виконання функції;

T — час виконання функції;

U — дохід, отриманий від виконання функції;

Група вихідних показників, які відносяться до конкретної 1-й операції, що входить до складу функції, і на основі яких виробляється обчислення результуючих показників, визначаються експериментально.

β_i - ймовірність безпомилкового (або помилкового) виконання i -ї операції;

T_i - час виконання i -ї операції;

r_i - дохід (витрати), отримані від виконання i -ї операції.

Якщо вихідні показники є випадковими величинами (від впливу зовнішніх факторів на людину або з інших причин), то в розрахунок необхідно вводити їх математичні очікування і дисперсії.

Група проміжних показників, що з'являється в процесі виконання розрахунків показників для типових груп операцій по редукції:

β_s - еквівалентна ймовірність безпомилкового (або помилкового) виконання, відповідної типової функціональної структури;

T_s - еквівалентний час виконання типової функціональної структури.

ДОДАТОК Ж

Модуль введення опису ФМ в інформаційну технологію.

Лістинг:

```

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim N01, K04, N02, N03, N05 As Integer
Dim N06, N07, N08 As Integer
Dim B11, B21, K111, K211, K100, K200 As Single
Dim mt, dt As Single
Dim i, j, nompp, k, xRow, xCol, nr, nr1 As Integer
Dim ObTFE, op_tfo, ops_type As String
Dim NameTFE As String
Dim NomBegin As Integer
Dim xNomEnd As Integer
NomBegin = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox22.Text)
nr1 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox4.Text)
If nr1 > 0 Then
    N01 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox4.Text)
    NameTFE = FORM_VVOD_FS.ComboBox1.Value
    K04 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox6.Text)
    ObTFE = FORM_VVOD_FS.TextBox7.Text
    N02 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox8.Text)
    N03 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox9.Text)
    N05 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox10.Text)
    N06 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox11.Text)
    N07 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox12.Text)
    N08 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox13.Text)
    B11 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox14.Text)
    K111 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox16.Text)
    K100 = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox18.Text)
    mt = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox20.Text)
    dt = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox21.Text)
    ops_type = FORM_VVOD_FS.ComboBox3.Value
    op_tfo = FORM_VVOD_FS.ComboBox3.Value
    nr = nr1 + NomBegin - 1
    Cells(nr, 1).Value = N01
    Cells(nr, 2).Value = NameTFE
    Cells(nr, 3).Value = K04
    Cells(nr, 4).Value = ObTFE
    Cells(nr, 5).Value = N02
    Cells(nr, 6).Value = N03
    Cells(nr, 7).Value = N05
    Cells(nr, 8).Value = N06
    Cells(nr, 9).Value = N07

```

```

    Cells(nr, 10).Value = N08
    Cells(nr, 14).Value = B11
    Cells(nr, 15).Value = K111
    Cells(nr, 16).Value = K100
    Cells(nr, 17).Value = mt
    Cells(nr, 18).Value = dt
    Cells(nr, 19).Value = op_tfo
nompp = Cells(nr + 1, 1).Value
If nompp > 0 Then
    FORM_VVOD_FS.CommandButton2.Enabled = True
Else
    FORM_VVOD_FS.CommandButton2.Enabled = False
End If
    If nr <= NomBegin Then
        FORM_VVOD_FS.CommandButton1.Enabled = False
    Else
        FORM_VVOD_FS.CommandButton1.Enabled = True
    End If End If End Sub

```

```

Private Sub CommandButton7_Click()
Dim N01, K04, N02, N03, N05 As Integer
Dim N06, N07, N08 As Integer
Dim B11, B21, K111, K211, K100, K200 As Single
Dim mt, dt As Single
Dim i, j, nompp, NomppNew, k, xRow, xCol, nr As Integer
Dim ObTFE, xstr As String
Dim NameTFE As String
Dim NameSys, NamePS, NameProc As String
Dim NomBegin As Integer
Dim NomEnd As Integer
NomBegin = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox22.Text)
nompp = Val(FORM_VVOD_FS.TextBox4.Text)
If NomBegin > 0 Then
    NameSys = Cells(4, 3).Value
    NamePS = Cells(5, 3).Value
    NameProc = Cells(6, 3).Value
    If nompp > 1 Then
        nr = NomBegin + nompp - 1
    Else nr = NomBegin
    End If
    nompp = Val(Cells(nr, 1).Value)
    Do While nompp > 0
        nr = nr + 1
        nompp = Val(Cells(nr, 1).Value) Loop
    nompp = Cells(nr - 1, 1).Value + 1
    FORM_VVOD_FS.TextBox1 = NameSys
    FORM_VVOD_FS.TextBox2 = NamePS
    FORM_VVOD_FS.TextBox3 = NameProc

```

```

FORM_VVOD_FS.TextBox4 = Val(nompp)
NameTFE = "": K04 = 0: ObTFE = "": N02 = 0: N03 = 0: N05 = 0
N06 = 0: N07 = 0: N08 = 0: B11 = 0: B21 = 0: K111 = 0: K211 = 0
K100 = 0: K200 = 0: mt = 0: dt = 0
With FORM_VVOD_FS
    .ComboBox1.Value = NameTFE
    .TextBox6.Text = Str(K04)
    .TextBox7.Text = ObTFE
    .TextBox8.Text = Str(nompp + 1)
    .TextBox9.Text = Str(N03)
    .TextBox10.Text = Str(N05)
    .TextBox11.Text = Str(N06)
    .TextBox12.Text = Str(N07)
    .TextBox13.Text = Str(N08)
    .TextBox14.Text = Str(B11)
    .TextBox16.Text = Str(K111)
    .TextBox18.Text = Str(K100)
    .TextBox20.Text = Str(mt)
    .TextBox21.Text = Str(dt)
    .ComboBox2.Value = " "
    .ComboBox3.Value = " "
End With
    TextBox8.Enabled = False
    Label8.ForeColor = &H808080
    TextBox9.Enabled = False
    Label9.ForeColor = &H808080
    TextBox10.Enabled = False
    Label10.ForeColor = &H808080
    TextBox11.Enabled = False
    Label11.ForeColor = &H808080
    TextBox12.Enabled = False
    Label12.ForeColor = &H808080
    TextBox13.Enabled = False
    Label13.ForeColor = &H808080
    TextBox16.Enabled = False
    Label16.ForeColor = &H808080
    TextBox18.Enabled = False
    Label18.ForeColor = &H808080
    TextBox14.Enabled = False
    Label14.ForeColor = &H808080
    TextBox20.Enabled = False
    Label20.ForeColor = &H808080
    TextBox21.Enabled = False
    Label21.ForeColor = &H808080
Else
    MsgBox ("Вкажіть початок опису мережі, натиснути кнопку додати")
End If
End Sub

```


ДОДАТОК 3

Модуль виявлення ТФС.

Лістинг:

```

Private Sub CommandButton5_Click()
Dim N01(100), K04(100), N02(100), N03(100), N04(100), N05(100) As
Integer
Dim N06(100), N07(100), N08(100) As Integer
Dim K01(100) As String
Dim i, ii, j, jj, jjj, nr, xKR, xnom, k, kk, i2, i3, i5, i6, i7, xKol
As Integer
Dim TX05(100), ObTFE(100) As String
Dim NameTFE(30) As String
Dim VybR(100, 15) As Integer
Dim KGr As Integer
Dim KR(50, 2) As Integer
Dim PN02(20, 2)
Dim PN03(20, 2)
Dim PN05(20, 2)
Dim PN06(20, 2)
Dim PN07(20, 2)
Dim RabPer(100)
Dim xRaz, xmin, xmax As Integer
Dim xN04, xN04new As Integer
Dim xDel
Dim xxRab As Integer
Dim Kol_RK, Kol_RKR As Integer
Dim Vyb_Rk(20, 2) As Integer
Dim Vyb_RKR(20, 3) As Integer
Dim Vyb_RK_RKR(30, 5) As Integer
Dim Kol_RK_RKR As Integer
Dim NomBegin1, NomEnd1 As Integer
Dim NomBegin2, NomEnd2 As Integer
Dim NomBegin3, NomEnd3 As Integer
xxRab = 0
nRed = 0
KolTFE = 0
NomBegin = Val(InputBox("Введіть номер рядка з початком ФМ"))
NomBegin1 = NomBegin
NomBegin2 = NomBegin
NomBegin3 = NomBegin
If NomBegin1 > 0 Then
    NomEnd = Val(InputBox("Введіть номер рядка з кінцем ФМ"))
    NomEnd1 = NomEnd

```

```

NomEnd2 = NomEnd
NomEnd3 = NomEnd
If NomEnd1 > NomBegin1 Then
  nr = NomBegin
  Do While nr <= NomEnd
    KolTFE = KolTFE + 1
    N01(KolTFE) = Cells(nr, 1).Value
    NameTFE(KolTFE) = Cells(nr, 2).Value
    K04(KolTFE) = Cells(nr, 3).Value
    ObTFE(KolTFE) = Cells(nr, 4).Value
    N02(KolTFE) = Cells(nr, 5).Value
    N03(KolTFE) = Cells(nr, 6).Value
    N05(KolTFE) = Cells(nr, 7).Value
    N06(KolTFE) = Cells(nr, 8).Value
    N07(KolTFE) = Cells(nr, 9).Value
    N08(KolTFE) = Cells(nr, 10).Value
    K01(KolTFE) = Cells(nr, 11).Value
    N04(KolTFE) = Cells(nr, 12).Value
    TX05(KolTFE) = Cells(nr, 13).Value
    nr = nr + 1
  Loop
  Range(Cells(NomBegin, 11), Cells(NomEnd, 13)).Interior.ColorIndex
= 35
  KGr = 0: i = 1: j = 0: ii = 0
  Do While i <= KolTFE
    If K04(i) = 1 And N02(i) = N01(i) + 1 And N02(i - 1) <> N01(i
+ 1) Then
      KGr = KGr + 1
      ii = ii + 1
      xnom = N01(i)
      VybR(ii, 1) = K04(i)
      VybR(ii, 2) = N01(i)
      VybR(ii, 3) = N02(i)
      VybR(ii, 5) = xnom
      j = 0
      Do While j = 0
        If K04(i + 1) = 1 Then
          ii = ii + 1
          VybR(ii, 1) = K04(i + 1)
          VybR(ii, 2) = N01(i + 1)
          VybR(ii, 3) = N02(i + 1)
          VybR(ii, 5) = xnom
          i = i + 1
        Else
          i = i + 1
          j = 1
        End If
      Loop
    End If
  Loop

```

```

Else
    i = i + 1
End If
Loop
If KGr > 0 Then
    xKR = VybR(1, 5)
    i = 1
    KR(i, 1) = VybR(1, 5)
    KR(i, 2) = 1
    For jj = 2 To ii
        If VybR(jj, 5) = xKR Then
            KR(i, 2) = KR(i, 2) + 1
        Else
            i = i + 1
            xKR = VybR(jj, 5)
            KR(i, 1) = VybR(jj, 5)
            KR(i, 2) = 1
        End If
    Next jj
    xKR = i
End If
i2 = 0: i3 = 0: i5 = 0: i6 = 0: i7 = 0
If KGr > 0 Then
    For j = 1 To KolTFE
        For i = 1 To ii
            If VybR(i, 2) = N02(j) Then
                i2 = i2 + 1
                PN02(i2, 1) = VybR(i, 2)
                PN02(i2, 2) = N01(j)
            End If
            If VybR(i, 2) = N03(j) Then
                i3 = i3 + 1
                PN03(i3, 1) = VybR(i, 2)
                PN03(i3, 2) = N01(j)
            End If
            If VybR(i, 2) = N05(j) Then
                i5 = i5 + 1
                PN05(i5, 1) = VybR(i, 2)
                PN05(i5, 2) = N01(j)
            End If
            If VybR(i, 2) = N06(j) Then
                i6 = i6 + 1
                PN06(i6, 1) = VybR(i, 2)
                PN06(i6, 2) = N01(j)
            End If
            If VybR(i, 2) = N07(j) Then
                i7 = i7 + 1
                PN07(i7, 1) = VybR(i, 2)
            End If
        Next i
    Next j
End If

```

```

                PN07(i7, 2) = N01(j)
            End If
        Next i
    Next j
End If
If i2 > 0 Then
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN02(1, 1)
    If i2 >= 2 Then
        For j = 2 To i2
            For jjj = 1 To xRaz
                If PN02(j, 1) = RabPer(jjj) Then
                    xmin = 1
                End If
            Next jjj
            If xmin = 0 Then
                xRaz = xRaz + 1
                RabPer(xRaz) = PN02(j, 1)
            End If
            xmin = 0
        Next j
        For j = 1 To xRaz
            xmin = 99999
            xmax = 0
            For jjj = 1 To i2
                If RabPer(j) = PN02(jjj, 1) And PN02(jjj, 2) > RabPer(j)
And PN02(jjj, 2) < xmin Then
                    xmin = PN02(jjj, 2)
                End If
                If RabPer(j) = PN02(jjj, 1) And PN02(jjj, 2) < RabPer(j)
And PN02(jjj, 2) > xmax Then
                    xmax = PN02(jjj, 2)
                End If
            Next jjj
            For jjj = 1 To ii
                If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
                    VybR(jjj, 6) = xmin
                End If
                If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
                    VybR(jjj, 11) = xmax
                End If
            Next jjj
        Next j
    End If
End If
'-----

If i3 > 0 Then

```

```

xRaz = 1: xmin = 0
RabPer(xRaz) = PN03(1, 1)
  If i3 >= 2 Then
    For j = 2 To i3
      For jjj = 1 To xRaz
        If PN03(j, 1) = RabPer(jjj) Then
          xmin = 1
        End If
      Next jjj
      If xmin = 0 Then
        xRaz = xRaz + 1
        RabPer(xRaz) = PN03(j, 1)
      End If
      xmin = 0
    Next j
    For j = 1 To xRaz
      xmin = 99999
      xmax = 0
      For jjj = 1 To i3
        If RabPer(j) = PN03(jjj, 1) And PN03(jjj, 2) > RabPer(j)
And PN03(jjj, 2) < xmin Then
          xmin = PN03(jjj, 2)
        End If
        If RabPer(j) = PN03(jjj, 1) And PN03(jjj, 2) < RabPer(j)
And PN03(jjj, 2) > xmax Then
          xmax = PN03(jjj, 2)
        End If
      Next jjj
      For jjj = 1 To ii
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
          VybR(jjj, 7) = xmin
        End If
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
          VybR(jjj, 12) = xmax
        End If
      Next jjj
    Next j
  Else
    For jjj = 1 To ii
      If VybR(jjj, 2) = PN03(1, 1) Then
        VybR(jjj, 7) = PN03(1, 2)
        VybR(jjj, 12) = PN03(1, 2)
      End If
    Next jjj
  End If
End If
'''-----
If i5 > 0 Then

```

```

xRaz = 1: xmin = 0
RabPer(xRaz) = PN05(1, 1)
If i5 >= 2 Then
  For j = 2 To i5
    For jjj = 1 To xRaz
      If PN05(j, 1) = RabPer(jjj) Then
        xmin = 1
      End If
    Next jjj
    If xmin = 0 Then
      xRaz = xRaz + 1
      RabPer(xRaz) = PN05(j, 1)
    End If
    xmin = 0
  Next j
  For j = 1 To xRaz
    xmin = 99999
    xmax = 0
    For jjj = 1 To i5
      If RabPer(j) = PN05(jjj, 1) And PN05(jjj, 2) > RabPer(j)
And PN05(jjj, 2) < xmin Then
        xmin = PN05(jjj, 2)
      End If
      If RabPer(j) = PN05(jjj, 1) And PN05(jjj, 2) < RabPer(j)
And PN05(jjj, 2) > xmax Then
        xmax = PN05(jjj, 2)
      End If
    Next jjj
    For jjj = 1 To ii
      If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
        VybR(jjj, 8) = xmin
      End If
      If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
        VybR(jjj, 13) = xmax
      End If
    Next jjj
  Next j
End If
End If
'''+++++
'''%
If i6 > 0 Then
  xRaz = 1: xmin = 0
  RabPer(xRaz) = PN06(1, 1)
  If i6 >= 2 Then
    For j = 2 To i6
      For jjj = 1 To xRaz
        If PN06(j, 1) = RabPer(jjj) Then

```

```

        xmin = 1
    End If
Next jjj
If xmin = 0 Then
    xRaz = xRaz + 1
    RabPer(xRaz) = PN06(j, 1)
End If
xmin = 0
Next j
For j = 1 To xRaz
    xmin = 99999
    xmax = 0
    For jjj = 1 To i6
        If RabPer(j) = PN06(jjj, 1) And PN06(jjj, 2) > RabPer(j)
And PN06(jjj, 2) < xmin Then
            xmin = PN06(jjj, 2)
        End If
        If RabPer(j) = PN06(jjj, 1) And PN06(jjj, 2) < RabPer(j)
And PN06(jjj, 2) > xmax Then
            xmax = PN06(jjj, 2)
        End If
    Next jjj
    For jjj = 1 To ii
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
            VybR(jjj, 9) = xmin
        End If
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
            VybR(jjj, 14) = xmax
        End If
    Next jjj
Next j
End If
End If
'''%%%%%%%%%%
''' #####
If i7 > 0 Then
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN07(1, 1)
    If i7 >= 2 Then
        For j = 2 To i7
            For jjj = 1 To xRaz
                If PN07(j, 1) = RabPer(jjj) Then
                    xmin = 1
                End If
            Next jjj
            If xmin = 0 Then
                xRaz = xRaz + 1
                RabPer(xRaz) = PN07(j, 1)
            End If
        Next j
    End If
End If

```

```

        End If
        xmin = 0
    Next j
    For j = 1 To xRaz
        xmin = 99999
        xmax = 0
        For jjj = 1 To i7
            If RabPer(j) = PN07(jjj, 1) And PN07(jjj, 2) > RabPer(j)
And PN07(jjj, 2) < xmin Then
                xmin = PN07(jjj, 2)
            End If
            If RabPer(j) = PN07(jjj, 1) And PN07(jjj, 2) < RabPer(j)
And PN07(jjj, 2) > xmax Then
                xmax = PN07(jjj, 2)
            End If
        Next jjj
        For jjj = 1 To ii
            If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
                VybR(jjj, 10) = xmin
            End If
            If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
                VybR(jjj, 15) = xmax
            End If
        Next jjj
    Next j
End If
End If
''' #####
If KGr > 0 Then
    j = 2
    Do While j <= ii

        If VybR(j, 6) > 0 Or VybR(j, 7) > 0 Or VybR(j, 8) > 0 Or
VybR(j, 9) > 0 Or VybR(j, 10) > 0 Then
            xN04new = VybR(j, 2)
            VybR(j, 5) = xN04new
        End If
        j = j + 1
    Loop
    xN04 = VybR(1, 5)
    j = 2
    Do While j <= ii
        If VybR(j, 5) <= xN04 Then
            VybR(j, 5) = xN04
            j = j + 1
        Else
            xN04 = VybR(j, 5)
            j = j + 1
        End If
    Loop

```



```

        For k = 1 To 21
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1,
k).Font.ColorIndex = 21
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1,
k).Font.Bold = True
            ''      Cells(Nombegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1,
k).Interior.ColorIndex = 19
                Next k
            End If
        Next jjj
    End If
Next jj
Next i
End If
If xxRab = 0 Then
    kk = 3
    Do While Val(Worksheets("Протокол редукації").Cells(kk, 1).Value)
> 0
        nRed = Val(Worksheets("Протокол редукації").Cells(kk,
1).Value)
        kk = kk + 1
    Loop
    Kol_RK_RKR = 0
    For i = 1 To KolTFE
        If (K04(i) = 1) And (K04(i + 1) = 3) And (N02(i) = N01(i) + 1)
-
            And (N01(i + 1) = N01(i) + 1) And (N03(i + 1) = N01(i)) Then
                Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 1
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
            End If
            If (K04(i) = 1) And (K04(i + 1) = 3) And (K04(i + 2) = 1) And
(N01(i + 1) = N01(i) + 1) And
                (N01(i + 2) = N01(i + 1) + 1) And (N02(i) = N01(i + 1))
And (N02(i + 1) = N01(i + 3)) And
                (N03(i + 1) = N01(i + 2)) And (N02(i + 2) = N01(i)) Then

                Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 2
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
                Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 4) = N01(i + 2)

            End If

            If (K04(i) = 2) And (K04(i + 1) = 1) And (K04(i + 2) = 1) And
(K04(i + 3) = 14) And (N02(i) = N01(i) + 1) _

```

```

And (N02(i + 1) = N02(i + 2)) And (N02(i + 1) = N01(i) + 3)
Then
    Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 3
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 4) = N01(i + 2)
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 5) = N01(i + 3)
End If

If (K04(i) = 1) And (K04(i + 1) = 3) And (K04(i + 2) = 1) And
(N01(i + 1) = N01(i) + 1) And
    (N01(i + 2) = N01(i + 1) + 1) And (N02(i) = N01(i + 1))
And (N02(i + 1) = N01(i + 3)) And
    (N03(i + 1) = N01(i + 2)) And (N02(i + 2) = N01(i + 3))
Then

    Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 4
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
    Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 4) = N01(i + 2)

End If

Next i
If Kol_RK_RKR > 0 Then
    For jjj = 1 To Kol_RK_RKR
        nRed = nRed + 1
        If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 1 Then
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value =
"RK"
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "RK"
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Pə" &
LTrim(Str(nRed))

            If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
                For k = 1 To 21
                    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 11    'Interior.ColorIndex = 35

```

```

        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 11
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True      ''Interior.ColorIndex = 35
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold =
True
        Next k
    Else
        For k = 1 To 21
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 21    '' Interior.ColorIndex = 19
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 21
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold =
True      '' Interior.ColorIndex = 19
        Next k
    End If

End If
If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 2 Then
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value =
"RKR"
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "RKR"
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 11).Value =
"RKR"

    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Pə" &
LTrim(Str(nRed))
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
    If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
        For k = 1 To 21
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 11
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 11
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 11

```

```

Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
Next k
Else
For k = 1 To 21
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 21
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 21
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 21
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
Next k
End If
End If
If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 3 Then
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value =
"AL"
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "AL"
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 11).Value =
"AL"
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 11).Value =
"AL"
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Pə" &
LTrim(Str(nRed))
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))

```

```

        If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
            For k = 1 To 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2,
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2,
k).Font.Bold = True
            Next k
        Else
            For k = 1 To 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2,
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2,
k).Font.Bold = True
            Next k
        End If
    End If
    If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 4 Then
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value =
"RKR1"
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "RKR1"
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 11).Value =
"RKR1"
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
    End If

```

```

        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 12).Value =
Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Pə" &
LTrim(Str(nRed))
        Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 13).Value =
"Pə" & LTrim(Str(nRed))
        If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
            For k = 1 To 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
            Next k Else
            For k = 1 To 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2),
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.ColorIndex = 21
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1,
k).Font.Bold = True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold
= True
                Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1,
k).Font.Bold = True
            Next k
        End If
    End If
Next jjj
End If
End If
End If
End Sub

```

ДОДАТОК К

Модуль редукції ФМ.

Лістинг:

```

Private Sub CommandButton6_Click()
Dim N01(100), K04(100), N02(100), N03(100), N04(100), N05(100) As Integer
Dim N06(100), N07(100), N08(100), N01NEW(100) As Integer
Dim K01(100) As String
Dim B11(100), K111(100), K100(100) As Single
Dim mt(100), dt(100) As Single
Dim Be121(100), Be10(100) As Single
Dim Be20(100), Be120(100) As Single
Dim i, ii, j, jj, jjj, nr, xKR, xnom, k, kk, i2, i3, i5, i6, i7, kolgr As Integer
Dim TX05(100), ObTFE(100) As String
Dim NameTFE(100) As String
Dim VybR(100, 15) As Integer
Dim KGr As Integer
Dim KG(50, 2) As Integer
Dim xTfs(50) As String
Dim xK01(50) As String
Dim PN02(20, 2)
Dim PN03(20, 2)
Dim PN05(20, 2)
Dim PN06(20, 2)
Dim PN07(20, 2)
Dim RabPer(100)
Dim xRaz, xmin, xmax As Integer
Dim xN04, xN04new As Integer
Dim xDel
Dim xB11, xMt, xDt, xx, xDL, xxDl As Single
Dim xBe121, xBe10, xBe20, xBe120, xMT1, xMT2, xDT1, xDT2 As Single
Dim xB111, xB112, xB121, xB122 As Single
Dim xBorder As Variant
Dim xxEK, xS As String
nRed = 0
KolTFE = 0
NomBegin = Val(InputBox("Введіть номер рядка з початком ФМ"))
If NomBegin > 0 Then
    NomEnd = Val(InputBox("Введіть номер рядка з кінцем ФМ"))
    If NomEnd > 0 Then
        nr = NomBegin
        Do While nr <= NomEnd

```



```

KolTFE = KolTFE + 1
N01(KolTFE) = Cells(nr, 1).Value
NameTFE(KolTFE) = Cells(nr, 2).Value
K04(KolTFE) = Cells(nr, 3).Value
ObTFE(KolTFE) = Cells(nr, 4).Value
N02(KolTFE) = Cells(nr, 5).Value
N03(KolTFE) = Cells(nr, 6).Value
N05(KolTFE) = Cells(nr, 7).Value
N06(KolTFE) = Cells(nr, 8).Value
N07(KolTFE) = Cells(nr, 9).Value
N08(KolTFE) = Cells(nr, 10).Value
K01(KolTFE) = Cells(nr, 11).Value
N04(KolTFE) = Val(Cells(nr, 12).Value)
TX05(KolTFE) = Cells(nr, 13).Value
B11(KolTFE) = Cells(nr, 14).Value
K111(KolTFE) = Cells(nr, 15).Value
K100(KolTFE) = Cells(nr, 16).Value
mt(KolTFE) = Cells(nr, 17).Value
dt(KolTFE) = Cells(nr, 18).Value
nr = nr + 1
Loop
  kolgr = 0
  i = 1
  Do While i <= KolTFE
    If N04(i) <> 0 Then
      kolgr = kolgr + 1
      KG(kolgr, 1) = N04(i)
      KG(kolgr, 2) = 1
      xTfs(kolgr) = TX05(i)
      xK01(kolgr) = K01(i)
      xKR = N04(i)
      i = i + 1
      Do While N04(i) = xKR
        KG(kolgr, 2) = KG(kolgr, 2) + 1
        i = i + 1
      Loop
    Else
      i = i + 1
    End If
  Loop
  If kolgr > 0 Then
    For i = 1 To kolgr
      If 1 > 0 Then
        Select Case xK01(i)
          Case "RR"
            xB11 = 1: xMt = 0: xDt = 0: xxEK = ""
            For j = 1 To KG(i, 2)

```

```

xB11 = xB11 * B11(KG(i, 1) + j -
1)

xMt = xMt + mt(KG(i, 1) + j - 1)
xDt = xDt + dt(KG(i, 1) + j - 1)
xxEK = xxEK & ObTFE(KG(i, 1) + j -
1) & ", "

Next j
B11(KG(i, 1)) = xB11
mt(KG(i, 1)) = xMt
dt(KG(i, 1)) = xDt
ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Рабочая"
K04(KG(i, 1)) = 1
xxEK = Left(xxEK, Len(xxEK) - 1)
kk = 3
Do While Val(Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
kk = kk + 1
Loop
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 4).Value = xB11
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 5).Value = xMt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 6).Value = xDt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 7).Value = "RR"
Case "RK"
xxEK = ""
xx = 1 / (1 - (B11(KG(i, 1)) * (1 -
K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1)))
xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) +
1) * xx
xMt = (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) +
1)) * xx
xDL = xx * xx
xDL = xDL * (B11(KG(i, 1)) * (1 -
K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1))
xDt = xDL * (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i,
1) + 1)) ^ 2 + (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1)) * xx
B11(KG(i, 1)) = xB11
mt(KG(i, 1)) = xMt

```

```

dt(KG(i, 1)) = xDt
xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," &
ObTFE(KG(i, 1) + 1)

ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Рабочая"
K04(KG(i, 1)) = 1
kk = 3
Do While Val(Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
    kk = kk + 1
    Loop
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 4).Value = xB11
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 5).Value = xMt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 6).Value = xDt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 7).Value = "RK"
    Case "RKR"
        xxEK = ""
        xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) +
1) * (1 - K100(KG(i, 1) + 1) * (1 - B11(KG(i, 1) + 2)))
        xB11 = xB11 / (1 - K100(KG(i, 1) + 1)
+ B11(KG(i, 1)) * B11(KG(i, 1) + 2) * (K111(KG(i, 1) + 1) - 1 +
K100(KG(i, 1) + 1)))
        xDL = (B11(KG(i, 1)) * (1 - K111(KG(i,
1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1))
        xDL = xDL / (1 - (B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2)) * K100(KG(i, 1) + 1)))
        xxDl = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) +
1) + (1 - B11(KG(i, 1))) * (1 - K100(KG(i, 1) + 1))
        xxDl = xxDl / (1 - (B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2)) * K100(KG(i, 1) + 1)))
        xMt = mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1)
+ (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1) + mt(KG(i, 1) + 2)) * xDL
        xDt = dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1)
+ (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1) + dt(KG(i, 1) + 2)) * xDL

```

```

                                xDt = xDt + xDL * xxDl * ((mt(KG(i,
1)) + mt(KG(i, 1) + 1) + mt(KG(i, 1) + 2)) ^ 2)
                                B11(KG(i, 1)) = xB11
                                mt(KG(i, 1)) = xMt
                                dt(KG(i, 1)) = xDt

                                xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," &
ObTFE(KG(i, 1) + 1) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 2)
                                ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                                NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Рабочая"
                                K04(KG(i, 1)) = 1
                                kk = 3
                                Do While Val(Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
                                    kk = kk + 1
                                '""
                                MsgBox ("Протокол" & Worksheets("Протокол
редукции").Cells(kk, 1).Value)
                                Loop
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 4).Value = xB11
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 5).Value = xMt
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 6).Value = xDt
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 7).Value = "RKR"
                                Case "AL"
                                    xxEK = ""
                                    'xx = 1 / (1 - (B11(KG(i, 1)) * (1 -
K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1)))
                                    'xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1)
+ 1) * xx
                                    xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1))
* B11(KG(i, 1) + 1) + (1 - B11(KG(i, 1))) * B11(KG(i, 1) + 2) *
K100(KG(i, 1))
                                    xMt = (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) +
1)) * K111(KG(i, 1)) + (mt(KG(i, 1) + 2) + mt(KG(i, 1))) * K100(KG(i,
1))
                                    xDt = (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) +
1)) * K111(KG(i, 1)) + (dt(KG(i, 1) + 2) + dt(KG(i, 1))) * K100(KG(i,
1)) + K111(KG(i, 1)) * K100(KG(i, 1)) * (mt(KG(i, 1) + 1) - mt(KG(i,
1) + 2)) ^ 2

```

```

B11(KG(i, 1)) = xB11
mt(KG(i, 1)) = xMt
dt(KG(i, 1)) = xDt
xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & ", " &
ObTFE(KG(i, 1) + 1)

ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Рабочая"
K04(KG(i, 1)) = 1

kk = 3
Do While Val(Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
    kk = kk + 1
    Loop
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 4).Value = xB11
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 5).Value = xMt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 6).Value = xDt
Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 7).Value = "AL"
Case "RKR1"
xxEK = ""
xx = (B11(KG(i, 1)) * (1 - K111(KG(i,
1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1))
xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) +
1) + xx * B11(KG(i, 1) + 2)

xMt = mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1)
+ xx * mt(KG(i, 1) + 2)

xDL = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) +
1) + (1 - B11(KG(i, 1))) * (1 - K100(KG(i, 1) + 1))

xDt = dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1)
+ xx * dt(KG(i, 1) + 2) + xx * xDL * mt(KG(i, 1) + 2) * mt(KG(i, 1) +
2)

B11(KG(i, 1)) = xB11
mt(KG(i, 1)) = xMt
dt(KG(i, 1)) = xDt

```

```

                                xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," &
ObTFE(KG(i, 1) + 1) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 2)
                                ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                                NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Рабочая"
                                K04(KG(i, 1)) = 1
                                kk = 3
                                Do While Val(Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
                                    kk = kk + 1
                                    Loop
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 4).Value = xB11
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 5).Value = xMt
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 6).Value = xDt
                                Worksheets("Протокол
редукції").Cells(kk, 7).Value = "RKR1"
                                End Select
                                Else
                                End If
                                Next i
                                For i = 1 To kolgr
                                    If xK01(i) = "RR" And N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) <
N01(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) Then
                                        N02(KG(i, 1)) = N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1)
                                        End If
                                    If xK01(i) = "RK" And N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) <
N01(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) Then
                                        N02(KG(i, 1)) = N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1)
                                        End If
                                Next i
                                i = 0
                                For j = 1 To KolTFE
                                    If N04(j) = 0 Then
                                        i = i + 1
                                        N01NEW(i) = N01(j)
                                    Else
                                        If N01(j) = N04(j) Then
                                            i = i + 1
                                            N01NEW(i) = N01(j)
                                        End If
                                End If

```

```

        End If
    Next j
    For j = 1 To KolTFE
        For jj = 1 To i
            If N02(j) = N01NEW(jj) Then
                N02(j) = jj
            End If
            If N03(j) = N01NEW(jj) Then
                N03(j) = jj
            End If
            If N05(j) = N01NEW(jj) Then
                N05(j) = jj
            End If
            If N06(j) = N01NEW(jj) Then
                N06(j) = jj
            End If
            If N07(j) = N01NEW(jj) Then
                N07(j) = jj
            End If
        Next jj
    Next j
    For k = 1 To 3
        For j = 1 To 18
            Cells(NomEnd + 4 + k, j).WrapText = True
            Cells(NomEnd + 4 + k, j).Font.Bold = True
            Cells(NomEnd + 4 + k, j).Value = Cells(NomBegin - 4 +
k, j)
                Next j
            Next k
            Range(Cells(NomEnd + 5, 5), Cells(NomEnd + 5,
10)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 11), Cells(NomEnd + 5,
13)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 1), Cells(NomEnd + 6,
1)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 2), Cells(NomEnd + 6,
2)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 3), Cells(NomEnd + 6,
3)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 4), Cells(NomEnd + 6,
4)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 14), Cells(NomEnd + 6,
14)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 15), Cells(NomEnd + 6,
15)).MergeCells = True
            Range(Cells(NomEnd + 5, 16), Cells(NomEnd + 6,
16)).MergeCells = True

```

```

        Range(Cells(NomEnd + 5, 17), Cells(NomEnd + 6,
17)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 18), Cells(NomEnd + 6,
18)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 1), Cells(NomEnd + 7,
18)).Borders.LineStyle = 1
        k = 0
        For j = 1 To KolTFE
            If N04(j) = 0 Or N01(j) = N04(j) Then
                k = k + 1
                If N02(j) > k And N01(j) = N04(j) Then
                    N02(j) = k + 1
                End If
                Cells(NomEnd + 7 + k, 1).Value = k
                Cells(NomEnd + 7 + k, 2).Value = NameTFE(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 3).Value = K04(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 4).Value = ObTFE(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 5).Value = N02(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 6).Value = N03(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 7).Value = N05(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 8).Value = N06(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 9).Value = N07(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 10).Value = N08(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 11).Value = " "
                Cells(NomEnd + 7 + k, 12).Value = " "
                Cells(NomEnd + 7 + k, 13).Value = " "
                Cells(NomEnd + 7 + k, 14).Value = B11(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 15).Value = K111(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 16).Value = K100(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 17).Value = mt(j)
                Cells(NomEnd + 7 + k, 18).Value = dt(j)
                Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k,
21)).Font.ColorIndex = 1
                Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k,
21)).Font.Bold = False
                Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k,
18)).Borders.LineStyle = 1
            End If
        Next j
    End If
End If
End If
jjj = NomEnd + 7 + k
End Sub

```


ДОДАТОК Л

Модуль порівняння результатів.

Лістинг:

```

Private Sub CommandButton11_Click()
Dim xnpp, xbegin, xend, ii, jj, pr, xnom As Integer
Dim xkod As Integer
Dim xname, xoboz, xsys, xpodsys, xprocess, xxstr, xxs, xxps, xxproc,
xstrn As String
Dim b1, mt, dt As Single
xnom = 0: pr = 0: xxstr = " "
xstrn = InputBox("Задайте номер рядка з результатом оцінювання
алгоритма", "Зберегти результат як типову технологію")
If xstrn = "" Then
    xnom = 0
Else
    xnom = Val(xstrn)
End If
If xnom > 1 Then
    If Cells(xnom - 1, 3).Value = 91 And Cells(xnom + 1, 3).Value = 99
Then
        b1 = Cells(xnom, 14).Value
        mt = Cells(xnom, 17).Value
        dt = Cells(xnom, 18).Value
        xsys = Cells(4, 3).Value
        xpodsys = Cells(5, 3)
        xprocess = Cells(6, 3)
        ii = 3
        Do While pr = 0
            xxstr = Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 1).Value
            If xxstr = " " Or xxstr = "" Or IsEmpty(xxstr) Or IsNull(xxstr)
Then
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 1).Value = xsys
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 2).Value = xpodsys
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 3).Value =
xprocess
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 4).Value = b1
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 6).Value = mt
                Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 7).Value = dt
                pr = 1
            Else
                xxs = Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 1).Value
                xxps = Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 2).Value
                xxproc = Worksheets("Типові технології").Cells(ii, 3).Value

```

```

        If xxs = xsys And xxps = xpodsys And xprocess = xxproc Then
            nn = MsgBox("Лист 'Типові технології' уже містить
результати оцінювання алгоритма. Замінити?", vbYesNo)
            If nn = 6 Then
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 1).Value =
xsys
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 2).Value =
xpodsys
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 3).Value =
xprocess
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 4).Value =
b1
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 6).Value =
mt
                Worksheets("Типовые технологии").Cells(ii, 7).Value =
dt
                End If
                pr = 1
            End If
        End If
        ii = ii + 1
    Loop
Else
    MsgBox ("Задайте правильні координати результата оцінювання
алгоритма")
End If
Else
    MsgBox ("Задайте правильні координати результата оцінювання
алгоритма")
End If
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton3_Click()
Worksheets("Порівняння технологій").ChartObjects.Delete
Dim teh1, teh2 As Integer
teh1 = ComboBox1.ListIndex
teh2 = ComboBox2.ListIndex
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(6, 1).Value =
ComboBox1.Value
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(7, 1).Value =
ComboBox2.Value
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(6, 2).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh1 + 3, 4).Value
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(7, 2).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh2 + 3, 4).Value
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(6, 3).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh1 + 3, 6).Value

```

```

Worksheets("Порівняння технологій").Cells(7, 3).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh2 + 3, 6).Value

Worksheets("Порівняння технологій").Cells(6, 4).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh1 + 3, 7).Value
Worksheets("Порівняння технологій").Cells(7, 4).Value =
Worksheets("Типові технології").Cells(teh2 + 3, 7).Value
Dim oChart1 As ChartObject
Set oChart1 = Sheets("Порівняння технологій").ChartObjects.Add(20,
200, 500, 400)
oChart1.Chart.SetSourceData (Sheets("Порівняння
технологій").Range("B6"))
oChart1.Chart.SeriesCollection(1).name = Worksheets("Порівняння
технологій").Cells(6, 1).Value
Dim oSeries1 As Series
Set oSeries1 = oChart1.Chart.SeriesCollection.NewSeries
oSeries1.Values = Sheets("Порівняння технологій").Range("B7")
oChart1.Chart.SeriesCollection(2).name = Worksheets("Порівняння
технологій").Cells(7, 1).Value
oChart1.Chart.Axes(xlCategory).CategoryNames = Array("Ймовірність
безпомилкового виконання")
Dim oChart As ChartObject
Set oChart = Sheets("Порівняння технологій").ChartObjects.Add(620,
200, 500, 400)
oChart.Chart.SetSourceData (Sheets("Порівняння
технологій").Range("C6:D6"))
oChart.Chart.SeriesCollection(1).name = Worksheets("Порівняння
технологій").Cells(6, 1).Value
Dim oSeries As Series
Set oSeries = oChart.Chart.SeriesCollection.NewSeries
oSeries.Values = Sheets("Порівняння технологій").Range("C7:D7")
oChart.Chart.SeriesCollection(2).name = Worksheets("Порівняння
технологій").Cells(7, 1).Value
oChart.Chart.Axes(xlCategory).CategoryNames = Array("Мат. очікування
часу виконання", "Дисперсія часу виконання")
Worksheets("Порівняння технологій").Activate
End Sub

```

ДОДАТОК М

Копії публікацій.



Класифікатор ситуацій для підтримки прийняття рішень операторів централізованих пультів спостереження за об'єктами

Рудик В.В., студент; Лавров Є.А., професор
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Вступ. Оператори централізованих пульта спостереження за об'єктами [1] працюють часто в умовах стресу і дефіциту часу. Для ефективної діяльності операторів необхідно впроваджувати системи підтримки прийняття рішень [2,3].

Постановка задачі. Для системи підтримки прийняття рішень розробити класифікатор ситуацій.

Результати. В якості методологічної бази дослідження обрано методологію машинного навчання та алгоритм побудови дерева рішень. Принцип побудови класифікатора розглянемо на прикладі визначення рівня загрози сигналу про спрацювання об'єкту, що приходить оператору централізованого пульта спостереження за об'єктами, в залежності від 4 показників: категорія об'єкту, кількість повторних спрацювань, кількість зон спрацювання та час, пройдений з моменту спрацювання. Фрагмент навчальної матриці наведено в табл.1., а фрагмент реалізації – на рис.1.

Таблиця 1. Визначення рівня загрози сигналу. Навчальна матриця.

Категорія об'єкту	Кількість повторних спрацювань	Кількість зон спрацювання	Пройдений час з 1 спрацювання	Рівень загрози
6	3	1	105	Низький
3	6	2	170	Низький
4	1	1	50	Фейк
1	5	4	30	Середній
2	10	4	60	Високий
1	3	8	86	Високий
5	3	1	50	Низький
1	5	5	96	Високий
2	3	2	25	Низький
3	7	5	98	Високий
4	11	2	82	Високий
5	5	2	50	Середній
6	6	2	60	Середній
2	4	4	80	Середній
1	3	1	30	Фейк
4	1	1	5	Фейк
3	2	7	40	Середній
1	7	4	80	Високий
6	0	1	100	Фейк
4	7	6	50	Середній
5	12	2	20	Низький
3	3	3	104	Середній
2	6	2	30	Низький
5	10	5	70	Високий

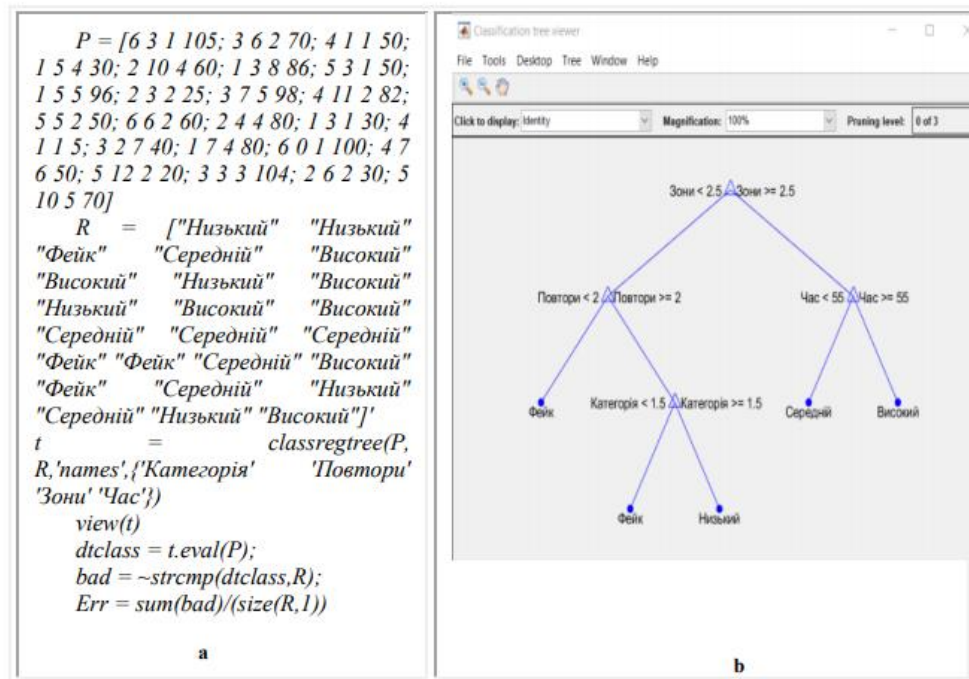


Рисунок 1 – Класифікатор “рівень загрози”:

a – Фрагмент реалізації (matlab),

b – дерево рішень (фрагмент)

Висновки. Класифікатор є зручним елементом системи підтримки прийняття рішень оператора централізованого пульта спостереження за об’єктами.

1. *Організація роботи централізованої охорони* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/392518/
2. E. Lavrov, P. Paderno, E. Burkov, A. Volosiuk, V.D. Lung, *E3S Web of Conferences. EDP Sciences*. **166** (2020).
3. E. Lavrov, N. Pasko, O. Siryk, V. Mukoseev, S. Dubovyk, *CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS*. **2740**, 357 (2020).



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «АСТАНА»**

**ІНФОРМАТИКА,
МАТЕМАТИКА,
АВТОМАТИКА**

ІМА - 2021

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
студентів та молодих учених**

**(Суми-Нур-Султан,
19-23 квітня 2021 року)**

**Суми,
Сумський державний університет
2021**

Моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами

Рудик В.В., студент; Лавров Є.А., професор., Пасько Н.Б., доцент
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Вступ. Оператори централізованих пульта спостереження за об'єктами є одними з найголовніших підрозділів в роботі спеціалізованих установ, покликаних реагувати на екстремальні ситуації, що відбуваються в приватних квартирах, будинках і організаціях. Через наявність багатьох негативних факторів їх робота може бути неточною, повільною, неефективною, а іноді й помилковою [1]. Моделювання діяльності оператора, реалізація автоматизованих процедур оцінювання показників діяльності допоможуть варіювати значеннями факторів, що впливають, зменшити шанс на помилку оператора при виконанні операцій, забезпечивши таким чином задану ефективність роботи і умови праці на робочому місці.

Постановка задачі. Для системи підтримки прийняття рішень розробити систему варіантного моделювання, дає можливість розраховувати: вірогідності безпомилкового виконання діяльності, математичного очікування та дисперсії часу виконання діяльності та вірогідності своєчасного виконання діяльності в залежності від структур діяльності та значень факторів, що впливають на оператора.

Результати. В якості методологічної бази дослідження обрано функціонально-структурну теорію професорів А. І. Губінського, В.Г. Євграфова, А.Т. Ашерова, П.П. Чабаненко, П.П. Падерно, Є. А. Павлова [2-4] і розвинений цією науковою школою метод функціональних мереж.

Для досягнення мети було обстежено робочі місця (рис.1.а) та діяльність операторів, побудовано моделі алгоритмів (приклад моделі – рис. 2), сформовано дані про час і безпомилковість виконання оператором окремих операцій, розроблено математичні моделі для типових функціональних структур діяльності оператора, розроблено програмне забезпечення для оцінки діяльності операторів, оцінено альтернативні варіанти діяльності, розроблено рекомендації по організації діяльності операторів.

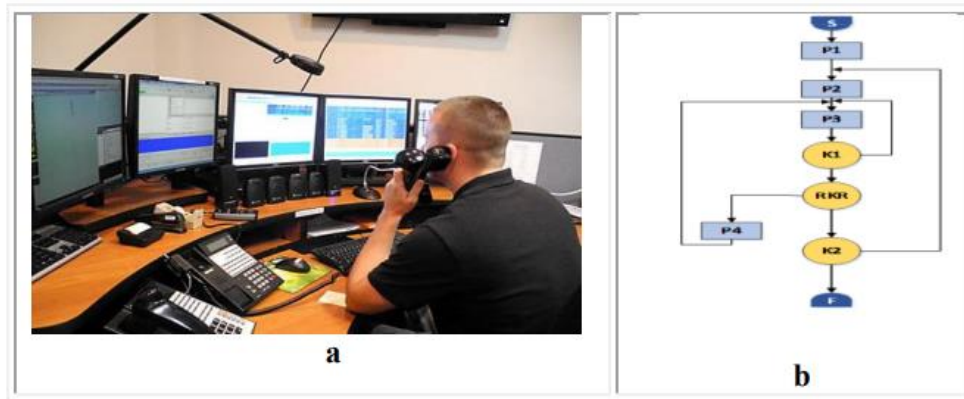


Рисунок 1 – Робоче місце оператора централізованого пульта спостереження (а) та фрагмент моделі структури діяльності по управлінню мобільною бригадою (b).

Висновки. Розроблена інформаційна система моделювання діяльності людини-оператора централізованого пульта спостереження за об'єктами дозволяє проаналізувати алгоритм роботи оператора, коригувати значення показників діяльності, розрахувати помилковість виконання операцій та видати рекомендації щодо покращення алгоритму діяльності оператора.

1. *Організація роботи централізованої охорони* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/392518/
2. А.Н. Адаменко, А.Т. Ашерев, Е.А. Лавров, и др., *Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник* (М.: Машиностроение: 1993).
3. E. Lavrov, O. Siryk, P. Chabanenko, *CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS 2732*, 572 (2020).
4. E. Lavrov, N. Pasko, O. Siryk, V. Mukoseev, S. Dubovyk, *CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS. 2740*, 357 (2020).