



KAPITEL 1 / CHAPTER 1¹

MODELING HUMAN-MACHINE INTERACTION IN INFORMATION PROCESSING AND MANAGEMENT SYSTEMS

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-17-02-027

Вступ

Одним із шляхів підвищення ефективності виробництва, управління виробничими та організаційними процесами є комплексна автоматизація та широке впровадження систем обробки інформації і управління (СОІУ). Останні роки пов'язані з упровадженням ієрархічних розподілених інформаційних систем з великою кількістю операторів [1, 3, 6, 9, 10, 15-17, 26, 37, 38, 60, 62]. Ускладнення сучасних полієргатичних систем ставить нові задачі організації оптимальної взаємодії операторів з автоматикою. Процеси функціонування сучасних інформаційних систем допускають виникнення заявок на вирішення деяких завдань в випадкові моменти часу. Якість виконання цих заявок і дотримання ергономічних норм та вимог визначається значною мірою правильністю рішень щодо розподілу функцій між операторами [34,35,36]. Оператор-керівник зобов'язаний ідентифікувати заявку, визначити пріоритет заявки в порівнянні з вже виконуваними функціями, час виконання заявки та призначити оператора-виконавця для реалізації заявки. З огляду на те, що на деякому часовому відрізку оператори вже закріплені за виконанням регламентних функцій, оператор-керівник повинен мати інформацію про поточний стан системи. Виходячи з зайнятості операторів, на основі аналізу їх індивідуальних особливостей керівник повинен мати можливість оцінити закріплення за ними заявки, що надходить. Звідси випливає необхідність визначення показників якості алгоритмів функціонування (АФ) виконання регламентних і випадкових завдань. Залежно від конкретної виробничої ситуації, перед оператором-керівником може стояти завдання вибору оптимального варіанту закріплення функції. При цьому можлива множина різних задач оптимізації. Це може бути задача максимізації достовірності безпомилкового виконання. А в тих випадках, коли реалізація функції може бути виконана з порушеннями різних типів, завдання може бути сформульована як задача мінімізації збитку від можливих порушень. На показники якості діяльності операторів СОІУ впливають фактори робочого середовища. Оператор-керівник

¹*Authors: Pasko Nadia Borysivna, Viunenko Olexander Borisovich*



повинен мати можливість оцінити ступінь впливу умов праці на кожному робочому місці.

Постановка задачі. Зазначені вище інформаційні потреби обґрунтовують необхідність розробки моделей та створення на їх основі інформаційної технології та системи підтримки прийняття рішень (СППР) оператора-керівника СОІУ при вирішенні ним завдання закріплення заявок за операторами-виконавцями. Програмні модулі повинні забезпечувати автоматизацію формування відповідей на запити оператора-керівника, оцінку АФ операторів-виконавців, оцінку робочих місць операторів СОІУ, а також автоматизацію вибору оптимального варіанту закріплення функції за операторами системи.

1.1. Аналіз систем обробки інформації і управління як систем «людина – машина – середовище»

Автоматизовані системи обробки інформації та управління відносяться до класу трудових систем «людина – машина» (СЛМ) або ерготехнічних систем (ЕТС). Згідно [13] трудові СЛМ (ЕТС) - клас гуманістичних систем «людина - техніка - середовище» (СЛТС), що складаються з сукупності ергатичних та неергатичних елементів, взаємодія яких, завдяки діяльності ергатичних елементів, об'єднується в єдиний цілеспрямований процес функціонування, який має кінцевою метою отримання конкретного продукту праці із заданою якістю. Вважається [3, 4, 13], що автоматизовані СОІУ відносяться до підкласу інформаційних СЛМ (рисунок 1.1). СОІУ, будучи типовою СЛТС, відрізняється від інших типів систем:

- типами операторів та видами операторської діяльності;
- знаряддями праці (ЗП): автоматизована система, в т.ч. технічне забезпечення (ТЗ), програмне забезпечення (ПЗ), інформаційне забезпечення (ІЗ), організаційне забезпечення (ОЗ);
- предметами праці (ПП) – інформація різних типів;
- продуктами праці (ПКП) – інформація різних типів;
- характером інтенсивності впливу факторів середовища (взаємодія з зовнішніми СЛМ, умови праці на робочих місцях (РМ) операторів). Приклади елементів типових СОІУ як СЛТС [13] наведені в таблиці 1.

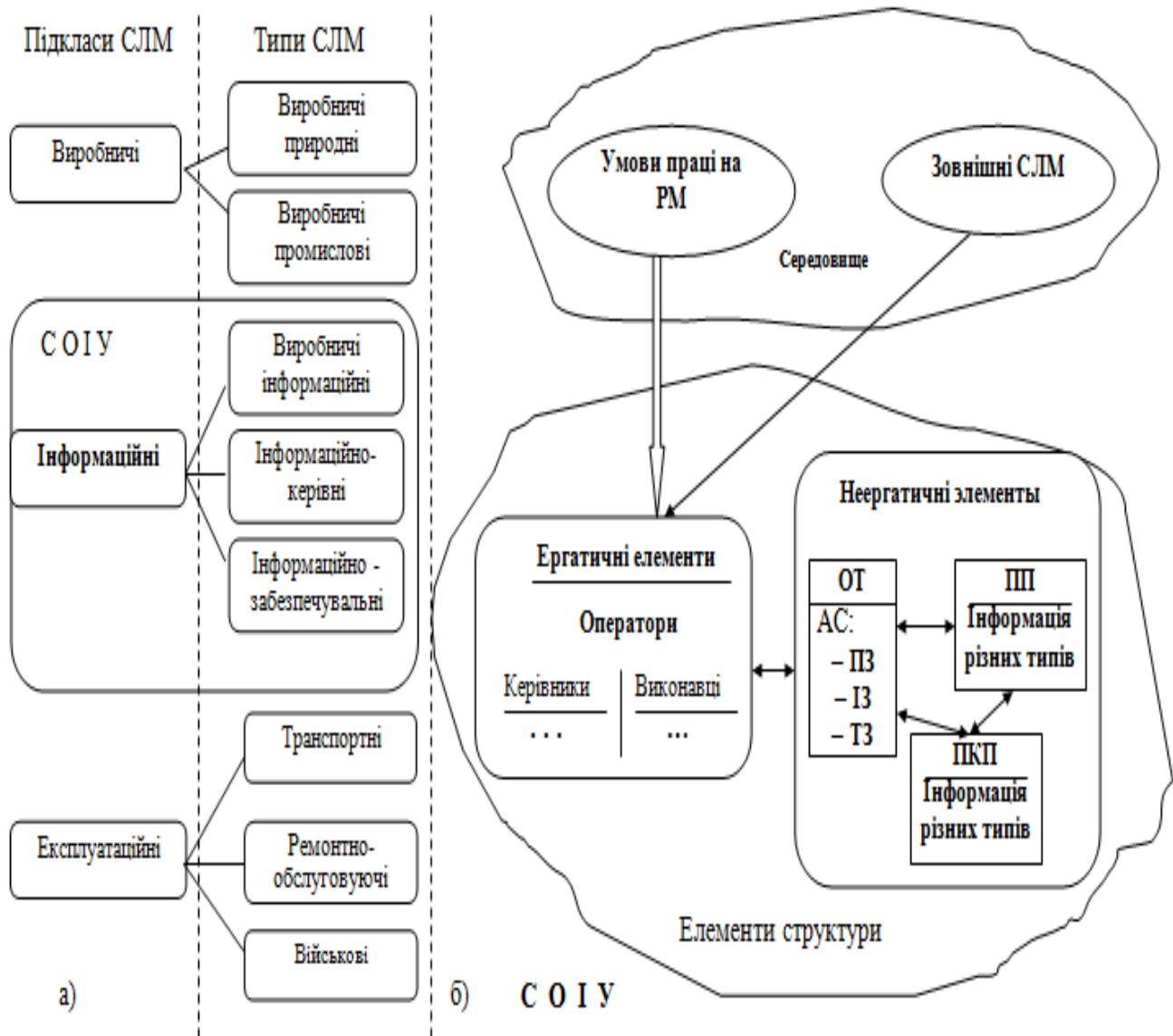


Рисунок 1.1 - СОІУ як система «людина – машина» [13]: а) СОІУ як підклас «Інформаційні людино-машинні системи»; б) основні типи елементів СОІУ як людино-машинних систем.

Тут як ергатичні елементи наведені тільки основні типи операторів в розрізі посад. Аналіз процесів обробки інформації в СОІУ дозволяє виділити два типи операторів (в розрізі типів операторської діяльності): оператори-керівники та оператори-виконавці (технологи або дослідники). У зв'язку з розвитком інформаційних технологій СОІУ, стали найбільш динамічно розвинутими СЛТС, для яких можливості розробок в частині урахування людського фактору в останні роки істотно відстають від потреб практики [3, 4].



Таблиця 1 - Приклади ерготехнічних систем для різних підкласів СЛМ

Підклас СЛМ	Тип ЕТС	Види ЕТС	Ергатичні елементи (в розрізі типових посад)	Неергатичні елементи		
				Знаряддя праці	Предмет праці	Продукт праці
Інформаційні	Виробляють інформацію	Дослідницькі	Оператор-дослідник	АСНД	Досліджуваний об'єкт або його модель	Нова інформація
		Проектні	Оператор-проектант	САПР	Вхідна інформація	Нова інформація
		Технологічні	Оператор-технолог	АСТВП	Проект системи	Проект технології виготовлення
	Інформаційно-керуючі	Управління технологічного типу	Оператор-технолог	АСУТП	Вхідна технологічна інформація	Керуюча інформація
		Управління організаційно-виробничого типу	Керівник підприємства	АСУП	Вхідна організаційно-економічна інформація	
		Управління організаційно-економічного типу	Керівник об'єднання	АСУО	Вхідна економічна інформація	
		Управління соціально-економічного типу	Керівник державного органу	ОДАС	Вхідна соціально-економічна інформація	
	Інформаційно-забезпечувальні	Системи збору інформації	Оператор підготовки інформації	Підсистема збору інформації	Вхідна інформація	Узагальнена інформація
		Системи збереження інформації	Оператор обробки даних	Інформаційно-пошукова система	Інформація збереження	Відібрана інформація
		Системи передачі інформації	Оператор обробки даних	Система зв'язку	Інформація надходження	Передана інформація

Особливістю останнього десятиліття є якісний стрибок у розвитку телекомунікацій та комп'ютерних розподілених систем. Нові можливості стали причиною стрімкого поширення COIU та обробки даних, заснованих на принципах єдиного інформаційного простору, розподіленої обробки даних [1, 10, 16, 17, 31].

Додаткові можливості організації дистанційного управління та інформаційної взаємодії між людьми дозволили значно розширити кількість взаємодіючих між собою структурних та функціональних елементів сучасних систем [15, 33]. Зросли обсяги оброблюваної інформації, логічна складність систем управління процесом взаємодії підсистем, ціна помилки, і вимоги до безпомилковості і своєчасності обробки інформації [5, 6, 9, 19, 25, 32].



Аналіз зміни ролі людини-оператора в процесі розвитку інформаційних технологій проводився багатьма дослідниками [4, 8, 26, 27, 28, 29, 33, 37].

В [13] виділено п'ять поколінь інформаційних технологій, в [4] – уже шість. В [3] відзначається зростання ролі людини-оператора, збільшення частки інтелектуальних процедур обробки інформації, зростаючі вимоги до безпомилковості діяльності. Поява нових функцій людини пов'язано з тим, що в кожному наступному поколінні інформаційних технологій актуалізуються інтелектуальні функції, які в попередньому поколінні не виконувалися через обмеження ресурсів людини й техніки. При переході до кожного нового покоління інформаційних технологій ступінь автоматизації процесу прийняття рішень зростає, проте одночасно за рахунок актуалізації інтелектуальних операцій безперервно ускладнюється й оновлюється роль людини.

Різниця в характері й структурі діяльності операторів визначається рівнем ієрархії керуючої підсистеми [2, 6, 7, 26, 27, 29, 33]. На вищих рівнях управління людина-оператор (керівник) має справу з так званими слабо структурованими завданнями. Є широкий діапазон альтернатив. Рішення залежать від поточної неповноти інформації. Прийняті рішення містять елементи ризику. Не повністю визначені вимоги, які стосуються затрат і часу вирішення завдань. Проблема внутрішньо складна внаслідок того, що для її вирішення необхідно комбінування різних ресурсів. Роль людини при визначенні та аналізі таких завдань виключно велика. На більш низьких рівнях управління оператори зазвичай мають справу з добре структурованими завданнями в умовах, як правило, жорстко заданих часових та ресурсних обмежень.

Незважаючи на відмінність процесів обробки інформації (управління) в різних системах можна виявити наступні особливості [2, 33, 37]:

- наявність декількох рівнів ієрархії;
- можливість декомпозиції системи на множину локальних людино-машинних систем; велика кількість (від кількох людей до сотень людей) одночасно працюючих, взаємодіючих з машинної частиною об'єкта управління й між собою, операторів різних типів: оператори-маніпулятори; оператори-технологи; оператори-керівники; оператори-дослідники;
- розвинена система забезпечення взаємодії між операторами;
- можливість віддаленого доступу операторів до розподілених локальних людино-машинним системам (баз даних, програмного забезпечення, інформаційних моделей);



- можливість реалізації моделі групової діяльності, коли проводиться декомпозиція задачі, окремі функціональні елементи закріплюються за різними операторами;
- необхідність ефективного виконання завдань в різних режимах функціонування (нормальне функціонування, аварійний режим);
- можливість різних типів заявок на обробку інформації й управління: регламентних і нерегламентними;
- випадкове час надходження заявок нерегламентними типу;
- можливість помилок, які ведуть до порушень з різними видами й розмірами шкоди;
- жорсткі часові обмеження на реалізацію заявок;
- високі вимоги до безпомилковості реалізації заявок;
- необхідність дотримання ергономічних норм і вимог до робочого місця й показників важкості та напруженості праці операторів.

Узагальнена структура ієрархічної людино-машинної системи наведена на рисунку 1.2: а) - система технологічного типу; б) - загальний вигляд.

Складність таких систем обумовлює необхідність спеціальних заходів для забезпечення ергономічної якості. Тому багато завдань, які вирішувалися раніше один раз на етапі проектування й використовувалися багаторазово при експлуатації системи, для гнучких систем з нерегламентними завданнями повинні вирішуватися оперативно з урахуванням особливостей і характеристик реальних операторів, що працюють в системі [26, 37].

В [46] проведений аналіз стану розробок для організації системи забезпечення ергономічної якості, досліджена операторська діяльність в інформаційно-керівних системах та системах обробки інформації й виділені особливості діяльності оператора-керівника.

Мета діяльності оператора-керівника - забезпечення максимальної ефективності реалізації потоку заявок при дотриманні обмежень на показники діяльності операторів-виконавців [12, 14]. Виділяють два рівні завдань [13]:

U_0 – Забезпечення ефективності системи на часовому інтервалі (з урахуванням показників реалізації всіх заявок);

U_1 – Забезпечення оптимального виконання одиничної заявки.

Якщо врахувати, що завдання U_0 вирішуються при формуванні змінно-добових завдань, а план завантаженості складається на зміну, то зрозуміло, що такий графік може бути складений з урахуванням традиційних методів теорії



розкладів, диспетчеризації та відомих методів розподілу функцій. Завдання рівня *UI* вирішуються, як правило, вже при складеному графіку регламентних завдань в умовах потоку заявок та високих вимог до оперативності.

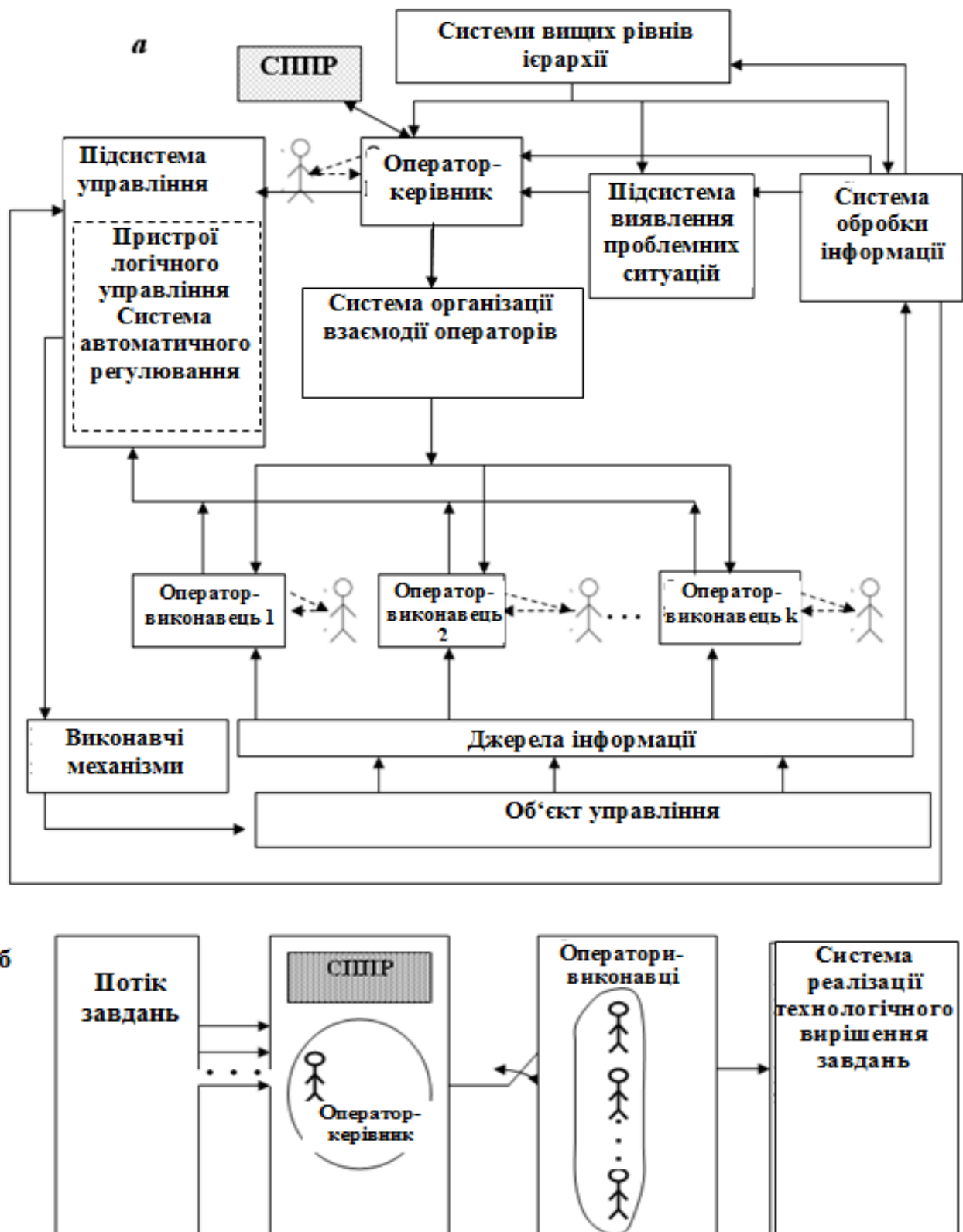


Рисунок 1.2 - Приклад дворівневої ієрархічної людино-машинної системи:
а) - система технологічного типу; б) - загальний вигляд



Процес прийняття рішення про раціональну технологію обробки заявки змістовно можна представити у вигляді послідовності робіт:

1. Прийом заявки (виявлення проблемної ситуації, інциденту безпеки).
2. Ідентифікація заявки.
3. Визначення вимог до показників якості та своєчасності виконання заявки.
4. Аналіз можливості використання існуючого сценарію виконання заявки: якщо так - реалізація сценарію (перехід до п.11.); якщо ні - перехід до п. 5.
5. Визначення можливих технологій реалізації заявки.
 - 5.1. Визначення множини обов'язкових операцій технології.
 - 5.2. Визначення можливих способів контролю: діагностики обладнання і ПЗ; безпомилковості функціонування.
 - 5.3. Визначення (генерація) можливих структур алгоритмів реалізації заявки.
6. Аналіз можливих способів реалізації заявки: індивідуальне виконання; групова діяльність.
7. Визначення групи операторів, яких допустимо використовувати в процесі виконання заявки.
 - 7.1. Определеніє групи вільних операторів (операторів, зайнятість яких дозволяє виконати роботи по виконанню заявки).
 - 7.2. Визначення групи операторів, умови на робочому місці яких дозволяють виконати заявку без виходу за межі допустимих ергономічних норм і вимог.
8. Постановка завдання вибору варіанту закріплення операторів за реалізацією заявки (окремими функціональними елементами – у випадку групової діяльності).
9. Формування вхідних даних про можливу якість і час виконання кожної операції (див. П.5.) кожним оператором.
10. Реалізація процедури вибору варіанту закріплення.
11. Видача директив операторам-виконавцям. Перехід до п.1.

Проблемна ситуація діяльності оператора-керівника продемонстрована на рисунку 1.3. Описана задача відноситься до завдань типу: "Розподіл функцій в людино-машинних системах" [12, 14]:

- розподіл функцій між людиною й машиною [18, 20];
- розподіл функцій між операторами [23, 26, 30].

Напрацьований науковий ресурс [12, 13, 14, 18, 20, 23, 26, 30] може бути



основою для розробки необхідних моделей для вирішення завдання.

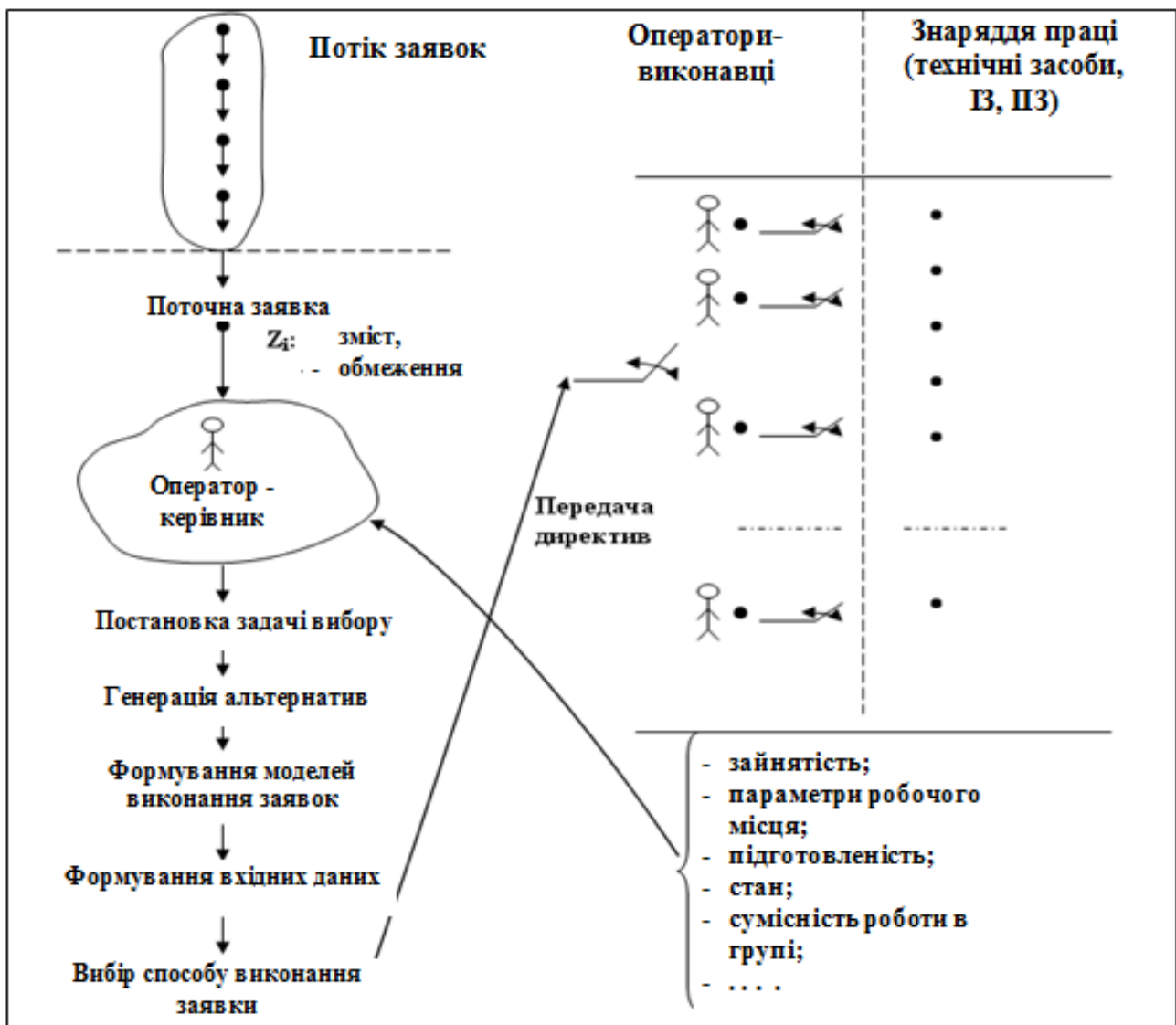


Рисунок 1.3 - Демонстрація проблемних ситуацій діяльності оператора-керівника

Однак в існуючому вигляді жодна із запропонованих моделей не може бути використана для моделювання з метою забезпечення діяльності оператора-керівника в зв'язку з наступними обмеженнями:

- орієнтовані на незмінну функціональну структуру системи;
- орієнтовані на "середнього оператора";
- не орієнтовані на використання моделей поточного стану системи;
- не враховують можливості порушень технологічного процесу, які можуть привести до збитку різних типів;
- не забезпечують можливість оперативного (on-line) отримання оцінок



надійності реалізації альтернативних варіантів організації діяльності та рекомендацій з розподілу функцій між операторами-виконавцями.

Таким чином, незважаючи на велику кількість досліджень в області ергономічного забезпечення систем обробки інформації та управління, вказане протиріччя може бути вирішене розробкою наукових підходів, що забезпечують:

- опис систем обробки інформації та управління як людино-машинної системи;
- автоматичне оцінювання варіантів розподілу функцій;
- вибір з урахуванням ряду специфічних обмежень оптимального варіанту людино-машинного взаємодії.

1.2. Формалізований опис організації СОІУ як поліергатичної системи

«людина – техніка – середовище»

Аналіз методів опису, оцінки надійності та оптимізації людино-машинної взаємодії в системах «людина – техніка – середовище» [47, 48,50] дозволив установити наступні факти:

1. Урахування множини різноманітних факторів, що діють на операторів систем обробки інформації та управління можливе тільки на основі застосування людино-системного підходу, заснованого на твердженні про те, що найбільш важливим елементом системи є людина-оператор, а програмно-технічні та інформаційні елементи - є підпорядковані йому засоби праці. Використовувані в ряді наук (кібернетика, фізіологія праці, теорія надійності, наукова організація праці та ін.) системотехнічний, рівноелементний, вузькоантропоцентричний та вузькотехнічний підходи не можуть забезпечити необхідну, з точки зору ергономічного забезпечення діяльності людини, якість розподілу функцій між операторами систем обробки інформації та управління .

2. Опис та оцінювання надійності алгоритмів діяльності (АД) операторів систем обробки інформації та управління, а також вибір варіантів розподілу функцій, зручно проводити з використанням принципів і методів функціонально-структурної теорії ерготехнічних систем, що дозволяють за допомогою єдиних методологічних принципів враховувати особливості різноманітних елементів систем обробки інформації та управління таких як: - людина-оператор; - інформаційно-програмні засоби; - середовище.



В існуючих наукових підходах до формалізації систем «людина - техніка - середовище» не передбачено можливості урахування специфічних особливостей полієргатичних інформаційних систем, а також формалізми опису варіантів організації діяльності операторів системи, що забезпечують автоматичне оцінювання надійності.

3. Необхідність формування вхідних даних для задач оцінювання та оптимізації людино-машинної взаємодії потребує вдосконалення наукових підходів до опису систем «людина - техніка - середовище» шляхом додавання нових моделей, що описують систему в необхідних «розрізах».

4. Виявлено невирішені завдання автоматичного аналізу функціональних мереж (ФМ), що описують алгоритми діяльності операторів, і виведення розрахункових залежностей надійності для випадку необхідності врахування помилок різних типів. У зв'язку з цим необхідна розробка алгоритмів:

- ідентифікації типових функціональних структур (ТФС), типових функціональних одиниць (ТФО) діяльності й редукції функціональної мережі, яка описує алгоритм діяльності людини-оператора;

- виведення розрахункових залежностей надійності для типових функціональних структур діяльності з урахуванням помилок різних типів.

5. Розроблені в функціонально-структурній теорії підходи до оптимізації людино-машинної взаємодії не забезпечують можливість урахування полієргатичного характеру системи. У зв'язку з цим, виникає необхідність сформулювати множину постановок оптимізаційних задач, що описують проблемні ситуації закріплення заявок на виконання функції за оператором або групою операторів з урахуванням системи можливих обмежень, а також підходів до їх вирішення.

Таким чином, незважаючи на наявність розвиненого арсеналу засобів опису, оцінювання та оптимізації СЛМ, існуючі моделі не можуть бути бездоопрацювання використані в задачах підтримки діяльності оператора-керівника інформаційних систем в зв'язку з низкою обмежень (виявленні в п.1).

Оскільки метою СОІУ є отримання продукту праці, під яким в ФСТ розуміється не тільки матеріальні, але й інформаційні об'єкти, а також зміна стану матеріальних та інформаційних об'єктів, то основними типами елементів будь-СОІУ є наступні: персонал, засоби інтерфейсу людини з технікою, знаряддя праці, продукти й предмети праці, засоби життєзабезпечення. СОІУ може складатися з декількох локальних ЕТС (ЛЕТС).



Інформація, на підставі якої оператор-керівник формує образ реального стану системи на заданий момент часу, проводить оцінку закріплення за операторами заявки, що надійшла до реалізації, генерує допустимі й вибирає оптимальний варіант, повинна бути певним чином організована й представлена оператору-керівнику. Таким засобом є інформаційна модель для оператора-керівника.

Для генерації варіантів закріплення функцій за операторами системи й вибору оптимального варіанту необхідно:

- розробити комплекс моделей СОІУ, що складають основу інформаційної моделі оператора-керівника;

- описати умови, яким повинні відповідати варіанти закріплення функцій.

Загальний підхід до формування моделей показаний на рисунку 2.1.

При цьому склад комплексу моделей повинен забезпечувати задання такої інформації про СОІУ:

- в яку метасистему входить, з якими оточуючими системами взаємодіє, з яких ЛЕТС складається та які класи елементів можуть входити до складу кожної з ЛЕТС;

- які функціональні елементи має включати процес функціонування системи;

- які можливі режими функціонування системи;

- склад властивостей і характеристик системи і елементів, які можуть бути застосовані в системі, в тому числі загальна характеристика властивостей, що описують можливості операторів;

- характеристика надійшла на виконання заявки;

- множини зв'язків різної природи (матеріальних, технологічних, інформаційних, тимчасових та ін.), які повинні існувати між елементами системи для ефективного її функціонування;

- склад властивостей та характеристик, що описують поточний стан системи;

- імовірнісні характеристики виконання заявок різними операторами;

- склад властивостей та характеристик, що описують вплив параметрів робочого середовища на показники якості діяльності кожного оператора системи.

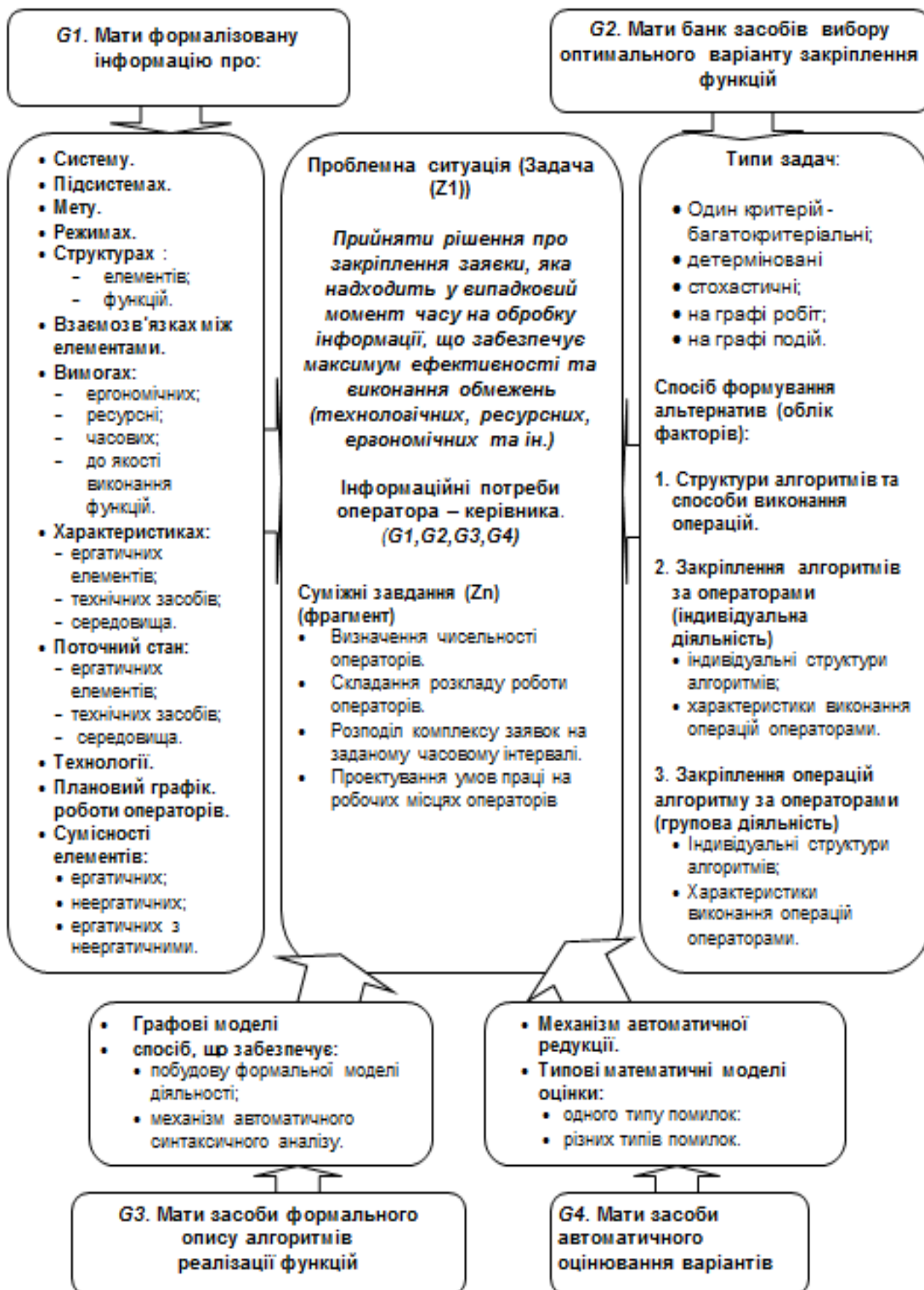


Рисунок 2.1 - Підхід до визначення інформаційних потреб оператора-керівника



Всі необхідні складові інформаційної моделі оператора-керівника можуть бути представлені формулою (1). Описи позначень та ілюстрація необхідності й взаємозв'язків моделей представлена на рисунку 2.2.

$$IMPPR = \langle MMS, MO, MVA, Ozs, SOA \rangle \quad (1)$$

Аналіз переліку відомостей про СОІУ, необхідних для закріплення функцій за операторами, дозволяє зробити висновок про те, що ці відомості можна задати за допомогою двох класів структур: компонентних та морфологічних. Компонентні структури вводимо для виявлення сутностей, необхідних для опису СОІУ при вирішенні завдання закріплення функцій, морфологічні структури - для завдання зв'язків різної природи між виділеними в компонентних структурах сутностями.

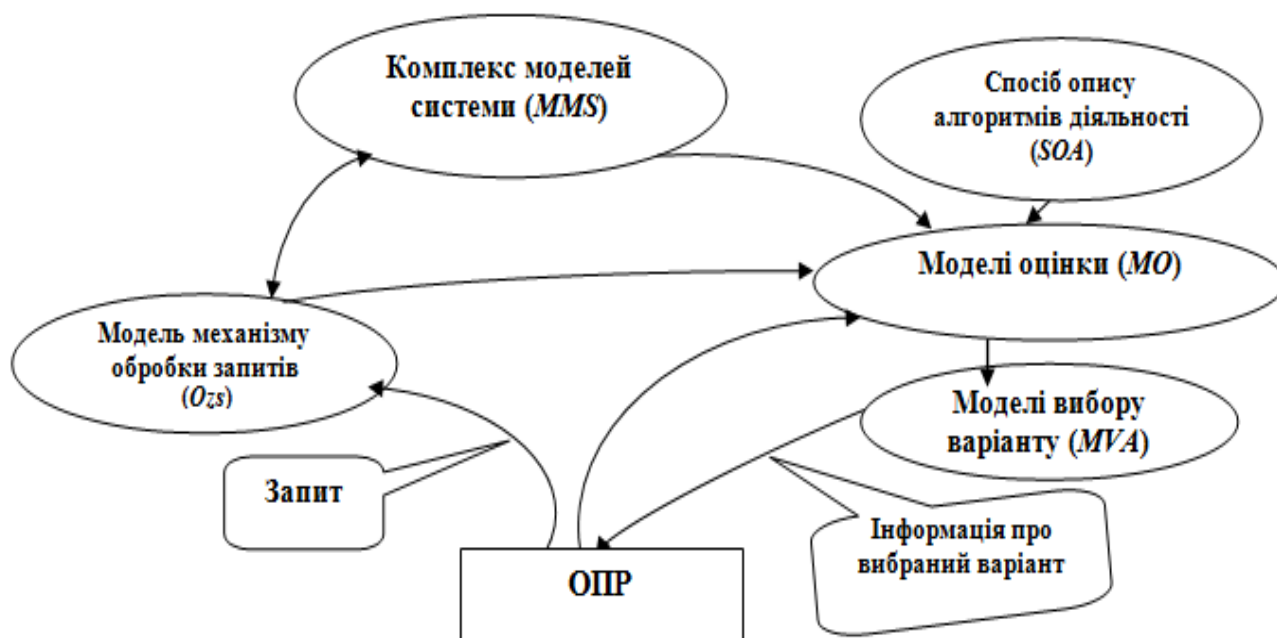


Рисунок 2.2 - Моделі, необхідні для прийняття рішення при розподілі функцій між операторами інформаційних систем

Тоді комплекс системних моделей MMS інформаційної моделі для оператора-керівника представимо схемою, показаною на рисунку 2.3, і структурною формулою (2):

$$MMS = \langle CSs, CFs, CRs, CEs, Err, Rs, Ft, OpFt, PVo, FKv, Mpl, MCo, MProekt \rangle \quad (2)$$

Опис прийнятих позначень наведено на рисунку 2.3. Вказані в формулі (2) моделі представлені роботами [40, 42, 51-53] і враховують фактори, пов'язані з поліергатичним характером системи, описують особливості груп операторів СОІУ. Серед основних моделей, наприклад, такі:

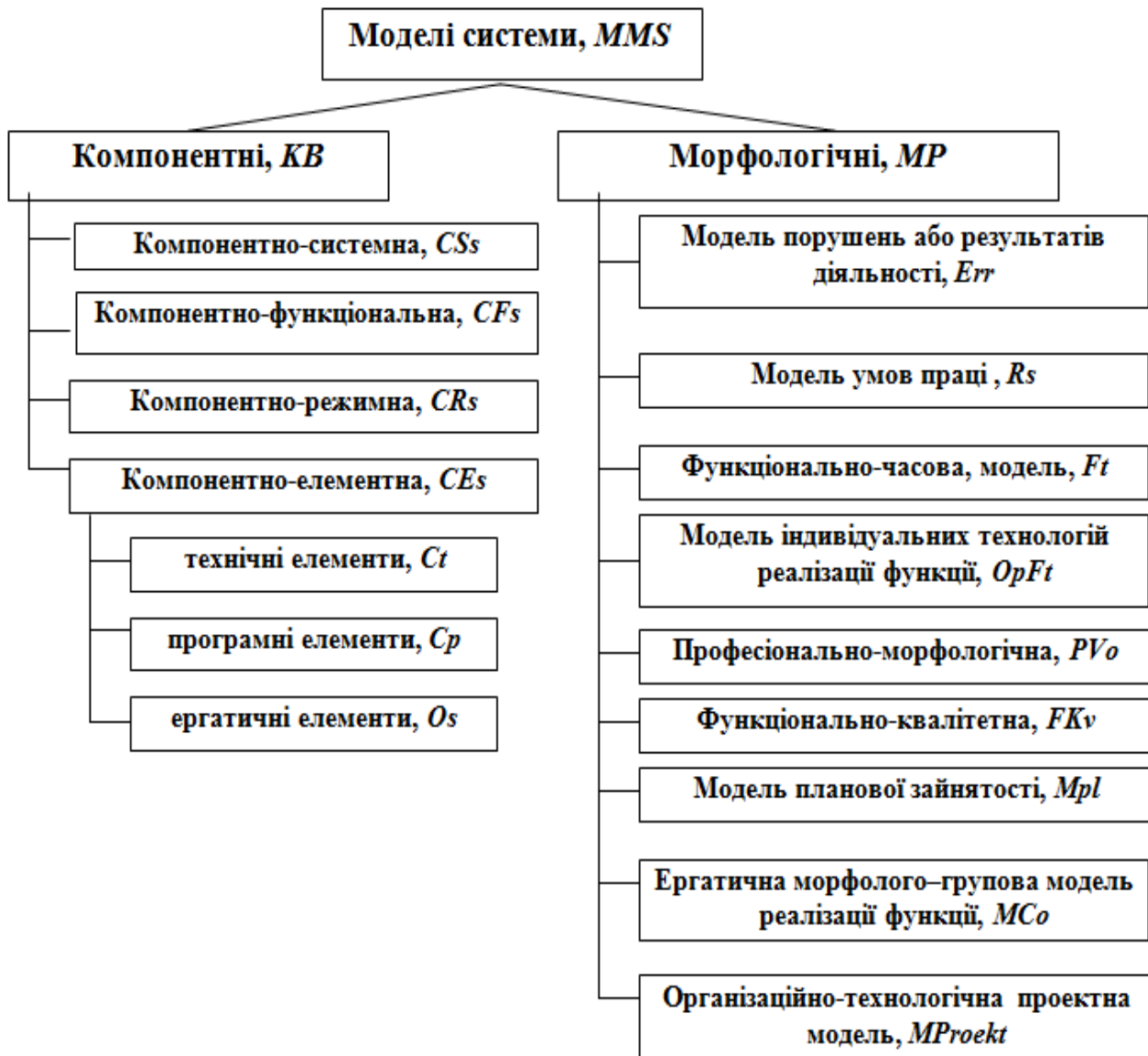


Рисунок 2.3 - Структура інформаційної моделі для оператора-керівника

1. Модель планової зайнятості операторів. Модель відображає стан зайнятості операторів виконанням регламентних функцій:

$$Mpl = \langle \{RM_k; OP_k; \{PpN_{kl}; PpK_{kl}\} | l = 1, 2, \dots, n_k; \{Fpl_{ik}; TN_{ik}; TK_{ik}; TP_{ik}; Vup_{ik}; TF_{ik}; PR_{ik}\} | i = 1, 2, \dots, m_k \} | k = 1, 2, \dots, K_0 \rangle, \quad (3)$$

де RM_k – ідентифікація k -го робочого місця; OP_k – k -й оператор; PpN_{kl} – початок l -ї планової перерви k -го оператора;

PpK_{kl} – кінець l -ї планової перерви k -го оператора; n_k – кількість планових перерв k -го оператора; Fpl_{ik} – i -а планова функція k -го оператора; TN_{ik} , TK_{ik} , TP_{ik} , TF_{ik} – час початку, час завершення виконання, час призупинення виконання,



фактичний час завершення i -ї планової функції k -го оператора, відповідно; $V_{up_{ik}}$ – відмітка про виконання i -ї планової функції k -го оператора; PR_{ik} – пріоритет i -ї планової функції k -го оператора; m_k – кількість планових функцій k -го оператора; K_0 – кількість операторів.

2. Модель індивідуальних технологій реалізації функцій. Модель описує типові технології реалізації функцій (заявок), що характеризують організацію діяльності операторів системи у вигляді формальної моделі ФМ:

$$OpFt = \langle \{Fpl_i; OP_{ik}; \{Var_{ij_k}, Mfs_{ij_k}\} | j_k \in \{1, 2, \dots, nv_i\}\} | k \in \{1, 2, \dots, K_0\} | i = 1, 2, \dots, N_{Fpl} \rangle, \quad (4)$$

де Fpl_i – i -я планова функція; OP_{ik} – k -й оператор, що реалізує i -у планову функцію; Var_{ij_k} – j -й варіант організації діяльності k -м оператором при реалізації i -ї функції; Mfs_{ij_k} – j -а формальна модель ФМ алгоритму виконання i -ї функції k -м оператором; nv_i – кількість варіантів організації діяльності при реалізації i -ї функції; N_{Fpl} – кількість планових функцій.

3. Модель умов праці. Відображає для кожного робочого місця значення санітарно-гігієнічних і психофізіологічних факторів, що впливають на умови праці оператора:

$$Rs = \langle \{RM_k; OP_k; KT_k; IBO_k; \{TFak_{kj}; NFak_{kj}; ZFak_{kj}\} | j = 1, 2, \dots, nf_k\} | k = 1, 2, \dots, K_0 \rangle, \quad (5)$$

де RM_k – ідентифікація k -го робочого місця; OP_k – k -й оператор; KT_k – категорія тяжкості для робочого місця RM_k ; IBO_k – інтегральна бальна оцінка для робочого місця RM_k ; nf_k – кількість факторів, що впливають на умови праці на робочому місці RM_k ; $TFak_{kj}$ – тип j -го фактора, що впливає на умови праці на робочому місці RM_k ; $NFak_{kj}$ – назва j -го фактора, що впливає на умови праці на робочому місці RM_k ; $ZFak_{kj}$ – значення j -го фактора, що впливає на умови праці на робочому місці RM_k ; K_0 – кількість робочих місць системи.

4. Організаційно-технологічна (проектна) модель. Модель відображає результат вирішення задачі закріплення функції за операторами:

$$MProekt = \langle \{Fpl_{i_0}; Var_{i_0j_0}; Mfs_{i_0j_0}; pr_{i_0j_0}; [OP_{i_0k_0}]; [\{Opr_{i_0j_0l}; OP_{l_m}\} | m \in \{1, 2, \dots, K_0\}; \\ | l = 1, 2, \dots, ko_{i_0}^{j_0}] | k_0 \in \{1, 2, \dots, K_0\} | j_0 \in \{1, 2, \dots, nv_{i_0}\} | i_0 \in \{1, 2, \dots, N_{Fpl}\}\} \rangle, \quad (6)$$

де Fpl_{i_0} – i_0 -а функція, що надійшла згідно заявки на виконання; $Var_{i_0j_0}$ –



вибраний j_0 -й варіант організації діяльності при реалізації i_0 -ї функції, що надійшла згідно заявки на виконання; $Mfs_{i_0j_0}$ – вибрана j_0 -а формальна модель ФМ алгоритму виконання i_0 -ї функції; $OP_{i_0k_0}$ (задається для випадку індивідуальної діяльності) – вибраний k_0 -й оператор для реалізації i_0 -ї функції, що надійшла згідно заявки на виконання; $\{Opr_{i_0j_0l}\}$ (задається для випадку можливості групової діяльності) – множина операцій АД при вибраному j_0 -у варіанті організації діяльності для реалізації i_0 -ї функції, що надійшла згідно заявки на виконання; $ko_{i_0}^{j_0}$ – кількість операцій АД при вибраному j_0 -у варіанту організації i_0 -ї функції; nv_{i_0} – кількість варіантів організації діяльності при реалізації i_0 -ї функції; $\{OP_{l_m}\}$ – група операторів, назначених на виконання l_m -х операцій j_0 -го варіанту організації діяльності при реалізації i_0 -ї функції, що надійшла згідно заявки на виконання.

До складу запропонованих моделей, наприклад, у «Функціонально-часову модель виконання функції» Ft (рисунок 2.3), повинні входити формальні комп'ютерно-орієнтовані описи АД операторів із виконання визначених функцій.

Основними вимогами до таких моделей є:

- можливість автоматичного формування в комп'ютерному діалозі з людиною;
- наявність моделей усіх відомих у ФСТ ТФО;
- можливість опису всіх відомих взаємозв'язків між елементами ТФС й опису довільної функціональної структури діяльності оператора СОІУ;
- передбачення можливості автоматичної редукції й оцінювання надійності АД.

У зв'язку з цим, запропонований в [42,48] і апробований в [56] новий спосіб опису ФМ алгоритмів діяльності в СОІУ. Вказаний спосіб передбачає введення чотирьох типів множин:

M_1 – множина елементів опису ФМ (для найпростіших ФМ $M_1 = \{R, K, A, D\}$, де R – робоча операція, K – контроль функціонування, A – альтернативна операція, D – операція діагностування);

M_2 – множина типів зв'язків (приклади типів зв'язків: 1 – перехід на ТФО у структурі алгоритму, наступної після даної за основним напрямом алгоритму);



M_3 – множина елементів оцінювання (приклади елементів оцінювання: B^l – імовірність безпомилкового виконання ТФО; K^{ll} – умовна імовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактично правильному виконанні буде визнана правильною);

M_4 – множина операцій оцінювання.

В основу способу покладені: розроблені узагальнені структури моделі діяльності ТФО та ТФС; система відповідних правил формування опису довільної діяльності.

Узагальнена структура моделі ТФО:

$$Fe_i = \langle o_{e_i}, \{c_{e_{ij}}\} | j=1,2,\dots,m_i \rangle, o_{e_i} \in M_1, c_{e_{ij}} \in M_3, \quad (7)$$

де o_{e_i} – i -й елемент опису із множини M_1 ; $c_{e_{ij}}$ – j -й елемент оцінювання (j -й показник якості) i -го елемента опису із множини M_3 ; m_i – кількість елементів оцінювання, що відносяться до i -го елемента опису.

Узагальнена структура моделі ТФС:

$$Fs_i = \langle \{o_{e_{ij}}, N_{ij}, \{V_{ijl}, L_{ijl}\} | l=1,2,\dots,\eta_{ij}, [k_{c_j}]\} | j=1,2,\dots,k_i \rangle, o_{e_{ij}} \in M_2, \{y_{i_m}\} | m=1,2,\dots,z_i \rangle, \quad (8)$$

де $o_{e_{ij}}$ – j -й елемент опису i -ї ТФС; k_i – кількість елементів опису i -ї ТФС; k_{c_j} – обмеження на кількість повторень у циклі; $\{N_{ij}, \{V_{ijl}, L_{ijl}\} | l=1,2,\dots,\eta_{ij}\} \in M_2$ – зв'язки (операції опису), що відповідають j -му елементу опису i -ї ТФС та означають перехід типу V_{ijl} з ТФО з елементом опису $o_{e_{ij}}$ й номером N_{ij} на ТФО з номером L_{ijl} ; η_{ij} – кількість типів переходів, що відповідають j -му елементу опису i -ї ТФС; $o_{e_{ii}}$ – елемент опису еквівалентної ТФО i -ї ТФС; $\{y_{i_m}\}$ – m -а операція оцінювання i -ї ТФС, що застосовується для визначення m -го показника якості еквівалентної ТФО, $\{y_{i_m}\} \in M_4$; z_i – кількість операцій оцінювання i -ї ТФС.

Розроблений спосіб опису дозволяє отримувати однозначно трактовані комп'ютерно-орієнтовані моделі для подальшого автоматичного аналізу і оцінювання АД. Достовірність результату забезпечена вибором бази досліджень апробованого апарату функціонально-структурної теорії ерготехнічних систем



проф. А. І. Губінського [11, 13].

Для вирішення задачі оцінювання варіантів розподілу функцій, обґрунтована необхідність та розроблені моделі автоматичного синтаксичного аналізу й редукції ФМ та моделі оцінки ТФС для випадку, коли реалізація заявок пов'язана з можливістю помилок різних типів [39, 49].

Формалізованим описом редукції ФМ назвемо сукупність оціночних операцій з множини M_4 над елементами оцінювання разом з відповідними їм елементами опису, які задають позначення ТФО в структурі алгоритму, виявлені для згортання на поточному кроці, і елементами опису, які задають позначення еквівалентної ТФО:

$$\Pr_{FS} = \langle \{s_i, \{te_{ij}\} \mid j = 1, 2, \dots, m_{s_i}, Fs_i, o_{eei}, \{y_{li}\} \mid l = 1, 2, \dots, n_i\} \mid i = 1, 2, \dots, n \rangle, \quad (9)$$

де s_i – номер кроку редукції; n – кількість кроків редукції; te_{ij} – позначення в структурі алгоритму ТФО, що згортаються на кроці s_i ; m_{s_i} – кількість ТФО, що згортаються на кроці s_i ТФЕ; Fs_i – позначення ТФС, що виявлена в структурі алгоритму для згортання на кроці s_i ; o_{eei} – елемент опису, що задає позначення еквівалентної ТФО; $\{y_{li}\}$ – l -а оціночна операція на i -му кроці редукції, що застосовується для визначення l -го показника якості еквівалентної ТФО, $\{y_{li}\} \in M_4$.

Розроблений укрупнений алгоритм згортання ФМ:

1. Представити алгоритм діяльності оператора в виде ФМ;
2. Описати створену мережу в табличному (рядками) вигляді з ім'ям O_{FS} відповідно до формули:

$$O_{FS} = \langle \{o_{e_j}, te_j, N_j, \{V_{jl}, L_{jl}\} \mid l = 1, 2, \dots, \eta_j, [k_{c_j}]\} \mid j = 1, 2, \dots, n \rangle \quad (10)$$

3. Присвоїти номеру укрупненої підстановки й лічильнику ТФС значення 1: $i=1; m=1$;

4. Створити тимчасовий опис ФМ з ім'ям O_{FS_1} у відповідності з формулою (10) в табличному (рядками) вигляді. Вибрати в описі заданої ФМ рядки, що описують послідовне виконання робочих операцій, та помістити їх в опис ФМ з ім'ям O_{FS_1} ;

5. В описі ФМ з ім'ям O_{FS_1} кожену групу рядків, що описують послідовне



виконання робочих операцій, замінити на рядок еквівалентної ТФО;

6. Створити опис протоколу редукції PR_{FS} мовою опису ФМ за формулою (9) та помістити рядки опису протоколу згорання кроку $i=1$. У вхідному описі ФС O_{FS} вибрані рядки, що описують послідовне виконання робочих операцій, замінити на рядок еквівалентної їм ТФО. Видалити всі рядки з опису O_{FS_1} ;

7. Перевірити кількість рядків в описі заданої ФМ з ім'ям O_{FS} , що описують ТФО: $k=\text{кількість ТФО}$;

8. Якщо $k=1$, перейти до 24, інакше - перейти до 9;

9. Збільшити лічильник ТФС на 1: $m=m+1$;

10. В описі ФМ з ім'ям O_{FS} вибрати послідовність рядків, що представляють m -у ТФС і помістити в опис ФМ з ім'ям O_{FS_1} ;

11. Якщо кількість рядків в описі ФМ з ім'ям O_{FS_1} пусто, то перейти до 19, якщо не пусто – замінити в O_{FS_1} рядки, що описують m -і ТФС, на рядки, що описують еквівалентні їм ТФО;

12. Збільшити крок згорання на 1: $i=i+1$. В опис протоколу редукції PR_{FS} додати записи протоколу згорання m -х ТФС;

13. В опис ФМ O_{FS} записи, що описують вибрані m -і ТФС, замінити на записи з описом O_{FS_1} , які представляють еквівалентні їм ТФО;

14. Видалити всі рядки з опису O_{FS_1} ;

15. Вибрати в описі ФМ O_{FS} рядки, що представляють послідовності робочих ТФО, та помістити їх в опис ФМ з ім'ям O_{FS_1} ;

16. Якщо кількість рядків в описі ФМ з ім'ям O_{FS_1} дорівнює 0, то перейти до 19, інакше – замінити записи, що представляють послідовності робочих ТФО, на записи еквівалентних їм ТФО;

17. Збільшити крок згорання на 1: $i=i+1$. В опис протоколу редукції PR_{FS} додати записи, що описують протокол згорання послідовності робочих ТФО;

18. У вхідному описі ФМ з ім'ям O_{FS} вибрані рядки, що описують послідовне виконання робочих операцій, замінити на рядок еквівалентної їм ТФО. Видалити всі рядки з опису O_{FS_1} ;

19. Перевірити кількість рядків в описі заданої ФМ з ім'ям O_{FS} , що описують ТФО: $k=\text{кількість ТФО}$. Якщо $k=1$, перейти до кроку 24, інакше перейти до кроку 20;

20. Перевірити умову "Ще є ТФС?". Якщо "Так", тоді збільшити лічильник ТФС на одиницю: $m=m+1$, інакше перейти до кроку 22;



21. Перейти до кроку 10;
22. Перевірити кількість рядків в описі заданої ФМ з ім'ям O_{FS} ;
23. Якщо $k > 1$, перевірити опис ФМ;
24. Кінець згортання ФМ.

На кожному кроці редукції структура АД людини-оператора описується певним станом. Співвідношення зміни на $k+1$ кроці редукції стану ФМ, у залежності від правил розпізнавання, ТФС має вигляд відображення:

$$f_k \xrightarrow{\bar{a}, \bar{Y}} f_{k+1}, \quad (11)$$

де $f_k (f_{k+1})$ – стан ФМ, представлений за допомогою мови опису, на k -му ($k+1$ -му) кроці редукції; $\bar{a} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{KFS}\}$ – узагальнений вектор правил розпізнавання ТФС в структурі алгоритму на кожному кроці редукції; α_i – правило виявлення у структурі алгоритму i -ї ТФС для згортання. Правила розпізнавання ТФС в АД людини-оператора задаються предикатами.

Моделі оцінки ТФС діяльності людини-оператора, що враховують можливість внесення, виявлення та усунення помилок різних типів, розробляються із застосуванням методу базового графа та методу H -функцій. Для цього розроблено алгоритм виведення моделей, що ґрунтується на принципі багатомірності ФМ та принципі збільшення кількості поглинаючих вершин ймовірнісного графа, що відповідає ТФС. На відміну від ФМ, в яких оцінка якості ведеться за бінарним принципом «немає помилок – є помилки» і, відповідно, ймовірнісний граф має дві поглинаючі вершини, для багатовимірних функціональних мереж ймовірнісні графи ТФС мають $N=2^n$ поглинаючих вершин, де n – кількість різних типів помилок.

1.3. Формальні моделі задач оптимізації для прийняття рішень про закріплення заявок СОІУ за операторами-виконавцями

Оператору-керівнику СОІУ в певний, заздалегідь невідомий, момент часу надходить заявка на реалізацію деякої функції. Необхідно на підставі інформації про поточний стан системи, з огляду на зайнятість операторів, їх індивідуальні особливості, рівень підготовки, можливість спільної роботи, умови праці на робочому місці, вибрати варіант призначення операторів на етапи



технологічного процесу виконання заявки, що надійшла.

Метою прийняття рішень про закріплення функції є, як правило, забезпечення максимального рівня ефективності системи або заподіяння мінімального збитку від дії помилок різних типів за умови, що будуть виконані обмеження: технологічні; ергономічні; на сумісність елементів; на час реалізації; на витрату вартісного ресурсу.

Суть постановки завдання полягає в тому, щоб розробити формальні моделі для класу задач, пов'язаних з прийняттям рішень про організацію виконання заявки, що оперативно надходить (однієї), виходячи з: вимог антропоцентричної концепції ергономічного забезпечення СОІУ; необхідності комплексного урахування ергономічних норм і вимог; технологічних обмежень; орієнтації на функціонально-структурну теорію опису та оцінювання людино-машинної взаємодії.

Залежно від конкретних умов функціонування системи, вимог до ефективності реалізації функцій, обмежень на умови діяльності операторів може бути багато постановок задач вибору. Укрупнено процес прийняття рішення про закріплення функції охарактеризований на рисунку 3.1. На етапі формування множини допустимих рішень оператор-керівник повинен мати можливість відібрати вільних операторів, умови праці на робочому місці яких допускають залучення їх до виконання нової заявки. Виходячи з рекомендацій [21] з багаторівневої оцінки відповідності техніки інженерно-психологічним вимогам, наведеним в таблиці 2, і конкретних умов на момент надходження нової заявки, виконуються наступні роботи:

1. Визначення кількості операторів, які повинні бути закріплені за виконанням заявки (один оператор, група операторів).
2. Визначення множини S_1 незайнятих операторів.
3. Визначення множини S_0 операторів, що виконують заявки (функції), реалізація яких може бути відмінена (призупинена).
4. Формування множини операторів $S = S_1 \cup S_0$, включених на розгляд.
5. Формування множини N непрагматичних показників групи "Показники інформаційного навантаження й напруженості оператора", що враховуються при вирішенні завдання: коефіцієнт завантаженості; період зайнятості; довжина черги; операційно-темпова напруженість.
6. Визначити для кожного показника з множини N область допустимих значень.



Таблиця 2 - Схема оцінки відповідності СЛМ інженерно-психологічним вимогам

«Рівень»	Тип оцінки
1. Статична оцінка (оцінка відповідності конструкції інженерно-психологічним вимогам)	Оцінка розмірів робочого місця та його елементів
	Оцінка характеристик індикаторів та органів управління
	Оцінка взаємного розташування індикаторів та органів управління
2. Алгоритмічна оцінка (оцінка складності вирішення завдань)	Оцінка логічної складності алгоритму
	Оцінка стереотипності алгоритму
	Оцінка надійності та часу виконання алгоритму
3. Динамічна оцінка (оцінка складності інформаційних потоків)	Перевірка виконання гранично-допустимих норм діяльності оператора
	Оцінка швидкості надходження інформаційного потоку



Рисунок 3.1 - Етапи прийняття рішень про закріплення функцій за операторами інформаційних систем



7. Виключити з множини S операторів, для яких значення відповідних показників з множини N не належать області допустимих значень.
8. Для операторів із множини S оцінити умови праці на робочому місці.
9. Виключити з множини S операторів, для яких значення категорії тяжкості умов праці на робочому місці перевищує заданий рівень.

В [41, 43, 44, 45, 54, 61] розроблені формальні моделі задач оптимізації, що виникають у практиці прийняття рішень про закріплення заявок СОІУ за операторами-виконавцями з урахуванням показників надійності діяльності. Розроблені постановки оптимізаційних задач для випадків опису АД людини-оператора у вигляді графа робіт і графа подій. Розглянуто випадки необхідності забезпечення максимальної безпомилковості АД та мінімізації збитків від помилок людини-оператора з можливістю врахування помилок різних типів.

Загальна постановка задачі вибору варіанта закріплення заявки. Розробити формальні моделі для класу задач, пов'язаних із прийняттям рішень про організацію виконання заявки (однієї), що оперативно надходить, виходячи з вимог: людино-системної концепції ергономічного забезпечення СОІУ; комплексного урахування ергономічних норм; технологічних обмежень; орієнтації на ФСТ моделювання людино-машинної взаємодії.

У загальному випадку математична модель задачі оптимізації має вигляд:

$$B(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha)) \rightarrow \max, \quad (12)$$

$$\overline{Q}_j(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha)) \leq Q_j^0, \quad j=1,2,\dots,N_Q, \quad (13)$$

$$X_\alpha \in X'_\alpha, \quad (14)$$

$$Z = (z_{ml}) \in N^{M_\alpha \times L_\alpha}, \quad (15)$$

$$\alpha \in F_S^{f_i}, \quad (16)$$

де f_i – функція, що надходить на виконання; α – варіант функціональної структури (алгоритму) реалізації f_i ; $F_S^{f_i}$ – множина альтернативних варіантів функціональних структур реалізації функції f_i ; O_α – множина операцій алгоритму α реалізації функції f_i ; M_α – кількість операцій множини O_α ; X'_α – оператори, яких допустимо призначити на реалізацію алгоритму. X'_α



визначається за формулою: $X'_\alpha = X_{sov}^{f_i\alpha} \cap X_{sv} \cap X_{ut}$, де $X_{sov}^{f_i\alpha}$ – множина операторів, сумісних (таких, що можуть працювати в одній групі спільно) для реалізації функціональної структури α функції f_i ; X_{sv} – множина незайнятих виконанням регламентних функцій операторів; X_{ut} – множина операторів з допустимими умовами праці на робочому місці; L_α – кількість елементів множини X'_α ; $Z = (z_{ml})$ – матриця, що характеризує призначення операторів на операції функціональної структури α реалізації функції f_i . Елементи матриці визначаються таким чином: $z_{ml} = 1$, якщо m -у операцію ($o_\alpha^m \in O_\alpha$) функціональної структури α виконує l -й оператор ($x_\alpha^l \in X_\alpha$) і $z_{ml} = 0$ в іншому випадку; $\overline{Q_j}$ – система обмежень на заданий час виконання, витрати вартісного ресурсу, а також технологічні обмеження; Q_j^0 – вектор констант, за допомогою яких задаються граничні значення вартісних, часових ресурсів, показників якості виконання операторами операцій АД та ін.; $N^{M_\alpha \times L_\alpha}$ – множина $M_\alpha \times L_\alpha$ матриць з елементами із N (поле натуральних чисел); $B(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha))$ – значення імовірності безпомилкового виконання АД реалізації функції f_i .

Рішення задачі (12)–(16) буде означати, що обраний варіант функціональної структури реалізації f_i і сформована матриця $Z = (z_{ml})$ призначення операторів на операції обраної функціональної структури такі, що значення цільової функції, яка виражає безпомилковість виконання f_i , приймає максимальне значення.

У випадку, коли в СОІУ виділяють помилки різних типів, задачу формулюємо як задачу мінімізації збитку від помилок. Цільова функція при цьому може бути представлена у вигляді:

$$U(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha)) = \sum_{h \in H} U_h B_h^0(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha)) \rightarrow \min, \quad (17)$$

де $U(\alpha, Z(O_\alpha, X_\alpha))$ – чисельний вираз збитку в результаті внесення помилок різних типів при виконанні заявки f_i ; H – множина різних типів помилок та їх поєднань, які можуть бути внесені операторами при виконанні алгоритму, що реалізовує заявку f_i ; U_h – величина збитку від реалізації функції з порушеннями, визначеними h -м типом помилок; B_h^0 – імовірність виконання алгоритму, що



реалізовує заявку f_i з помилками h -го типу.

Методи формалізації і вирішення двох виділених типів задач суттєво відрізняються в залежності від множини чинників серед яких, наприклад:

– групова – індивідуальна діяльність; форма представлення АД: граф робіт – граф подій (граф подій будують на базі графу робіт і використовують для оптимізації діяльності з глобальними зворотними зв'язками); наявність залежних операцій.

Виходячи з кількості типів помилок, які можливі в СОГУ, та інших факторів, що формують проблемну ситуацію, виділено всього 40 типів можливих постановок задач оптимізації, для яких розроблено відповідні формальні постановки (таблиця 3). Для прикладу наведемо одну з таких постановок (вид діяльності – індивідуальна, кількість типів помилок – 1, модель діяльності – граф подій):

$$P_r = \sum_l \sum_{i=r+1}^N \sum_{k \in K_i} P_{il}^{(k)} x_i^{(k)} \rightarrow \max, \quad (18)$$

$$\sum_{k \in K_i} x_j^{(k)} - \sum_{i=r+1}^N \sum_{k \in K_i} P_{ij}^{(k)} x_i^{(k)} = a_j, j=r+1, r+2, \dots, N, \quad (19)$$

$$\sum_{i=r+1}^N \sum_j \sum_{k \in K_i} P_{ij}^{(k)} T_{ij}^{(k)} x_i^{(k)} \leq T_0, \quad (20)$$

$$\sum_{j=1}^r \sum_{i=r+1}^N \sum_{k \in K_i} P_{ij}^{(k)} x_i^{(k)} = 1, \quad (21)$$

$$x_i^{(k)} \geq 0 \quad \text{при всіх } i \text{ та всіх } k \in K_i, \quad (22)$$

$$\sum_{k \in K} \delta^{(k)} = 1, \quad (23)$$

$$x_i^{(k)} - M\delta^{(k)} \leq 0 \quad \text{при всіх } i \text{ і всіх } k \in K_i, \quad (24)$$

$$x_i^{(k)} - m\delta^{(k)} \geq 0 \quad \text{при всіх } i \text{ і всіх } k \in K_i, \quad (25)$$

де N – загальна кількість вершин графа, із яких перші r – поглинаючі; $P_{ij}^{(k)}$ – імовірність переходу системи з вершини i у вершину j при виборі k -го оператора; $T_{ij}^{(k)}$ – середній час i -ї роботи k -м оператором при переході в вершину j ;



Таблиця 3 - Класифікація задач оптимального закріплення функцій

№ п/ п	Задача		Характеристика моделі (обмеження, цільова функція)	
	Назва	Позначення	Модель АФ – граф подій	Модель АФ послідовного типу – граф робіт
1	2	3	4	5
1	Оптимізація вибору операторів без обмеження на час виконання операцій	Ω_{11}^1	$A_2B_2C_2D_2E_2F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{11}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_2F_2M_1X_1Z_1$
2	Оптимізація вибору операторів з урахуванням зайнятості операторів	Ω_{12}^1	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{12}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_1X_1Z_1$
3	Оптимізація вибору операторів та способів виконання операцій	Ω_{13}^1	$A_2B_2C_1D_2E_2F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{13}^2	–	$A_2B_2C_1D_2E_2F_2M_1X_1Z_1$
4	Оптимізація вибору операторів та способів виконання операцій з урахуванням зайнятості операторів	Ω_{14}^1	$A_2B_2C_1D_2E_1F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{14}^2	–	$A_2B_2C_1D_2E_1F_2M_1X_1Z_1$
5	Оптимізація вибору операторів при наявності залежних операцій	Ω_{15}^1	$A_2B_2C_2D_1E_2F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{15}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_2F_2M_1X_1Z_1$
6	Оптимізація вибору одного оператора для виконання АФ функції, що надійшла, при наявності залежних операцій	Ω_{16}^1	$A_1B_2C_2D_1E_2F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{16}^2	–	$A_1B_2C_2D_1E_2F_2M_1X_1Z_1$
7	Оптимізація вибору операторів при наявності залежних операцій з урахуванням зайнятості операторів	Ω_{17}^1	$A_2B_2C_2D_1E_1F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{17}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_1F_2M_1X_1Z_1$
8	Оптимізація вибору операторів з урахуванням сумісності роботи операторів	Ω_{18}^1	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{18}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1M_1X_1Z_1$
9	Оптимізація вибору операторів з урахуванням сумісності роботи операторів та наявності залежних операцій	Ω_{19}^1	$A_2B_2C_2D_1E_2F_1M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{19}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_2F_1M_1X_1Z_1$
10	Оптимізація вибору операторів з урахуванням допустимості використання оператора на даному часовому інтервалі	Ω_{110}^1	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_2X_1Z_1$	–
		Ω_{110}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_1X_1Z_1$



Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
11	Оптимізація вибору операторів без обмеження на час виконання операцій з урахуванням помилок різних типів	Ω_{21}^1	$A_2B_2C_2D_2E_2F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{21}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_2F_2M_1X_2Z_2$
12	Оптимізація вибору операторів з урахуванням зайнятості операторів та урахуванням помилок різних типів	Ω_{22}^1	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{22}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_1X_2Z_2$
13	Оптимізація вибору операторів та способів виконання операцій з урахуванням помилок різних типів	Ω_{23}^1	$A_2B_2C_1D_2E_2F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{23}^2	–	$A_2B_2C_1D_2E_2F_2M_1X_2Z_2$
14	Оптимізація вибору операторів та способів виконання операцій з урахуванням зайнятості операторів та помилок різних типів	Ω_{24}^1	$A_2B_2C_1D_2E_1F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{24}^2	–	$A_2B_2C_1D_2E_1F_2M_1X_2Z_2$
15	Оптимізація вибору операторів при наявності залежних операцій з урахуванням помилок різних типів	Ω_{25}^1	$A_2B_2C_2D_1E_2F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{25}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_2F_2M_1X_2Z_2$
16	Оптимізація вибору одного оператора для виконання АФ функції, що надійшла, при наявності залежних операцій та з урахуванням помилок різних типів	Ω_{26}^1	$A_1B_2C_2D_1E_2F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{26}^2	–	$A_1B_2C_2D_1E_2F_2M_1X_2Z_2$
17	Оптимізація вибору операторів при наявності залежних операцій з урахуванням зайнятості операторів та помилок різних типів	Ω_{27}^1	$A_2B_2C_2D_1E_1F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{27}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_1F_2M_1X_2Z_2$
18	Оптимізація вибору операторів при урахуванні сумісності роботи операторів та помилок різних типів	Ω_{28}^1	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{28}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1M_1X_2Z_2$
19	Оптимізація вибору операторів при урахуванні сумісності роботи операторів, наявності залежних операцій та помилок різних типів	Ω_{29}^1	$A_2B_2C_2D_1E_2F_1M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{29}^2	–	$A_2B_2C_2D_1E_2F_1M_1X_2Z_2$
20	Оптимізація вибору операторів з урахуванням допустимості використання оператора на даному часовому інтервалі та з урахуванням помилок різних типів	Ω_{210}^1	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_2X_2Z_2$	–
		Ω_{210}^2	–	$A_2B_2C_2D_2E_1F_2M_1X_2Z_2$



$x_i^{(k)}$ – змінна, що характеризує вибір рішення: $x_i^{(k)} > 0$ в тому випадку, якщо в i -й вершині для виконання роботи вибрано k -го оператора, і $x_i^{(k)} = 0$, в іншому випадку; $a = (a_{r+1}, a_{r+2}, \dots, a_n)$, $\sum_{i=r+1}^n a_i = 1$ – імовірності знаходження системи в початковому стані.

Всі виділені задачі, що описують множину проблемних ситуацій, які виникають у процесі прийняття керівником рішень про забезпечення надійності діяльності операторів при розподілі функцій між ними, зведені до задач лінійного програмування, що забезпечує можливість ефективного використання моделей у реальних СОІУ.

1.4. Інформаційна технологія моделювання дискретної людино-машинної взаємодії в СОІУ

Основні функціональні вимоги до програмного комплексу [55]:

- забезпечення побудови моделей алгоритмів діяльності операторів-виконавців;
- отримання оцінок прагматичних показників алгоритмів діяльності операторів-виконавців;
- забезпечення можливості порівняння розрахованих показників з директивними значеннями, що зберігаються в базах ергономічних даних;
- забезпечення можливості формування й роботи з базою «типових технологій»;
- ведення нормативно-довідкової інформації;
- накопичення результатів для моделювання алгоритмів діяльності;
- формування відповідей на запити оператора-керівника;
- оцінка робочого місця операторів-виконавців;
- вирішення задачі вибору оптимального варіанту закріплення функції, що надходить, за операторами-виконавцями.

Інформаційно-логічна модель являє собою схему зв'язків взаємодії інформаційних об'єктів. Інформаційні об'єкти виділяються в процесі інформаційного аналізу предметної області (в даному випадку - це «закріплення функцій, що надходять за операторами системи») й містять інтегровані



структури даних предметної області. Структурами даних моделюються сутності, функції предметної області та їх взаємозв'язки. Інформаційні об'єкти характеризуються властивостями, які в сукупності виділяють об'єкт з безлічі інших об'єктів, задають визначеність, зумовлюють незалежність створення й обробки від інших об'єктів. На рисунку 4.1 наведена схема взаємозв'язків задач програмного комплексу з розподілу функцій, що надходять, між операторами інформаційної системи.

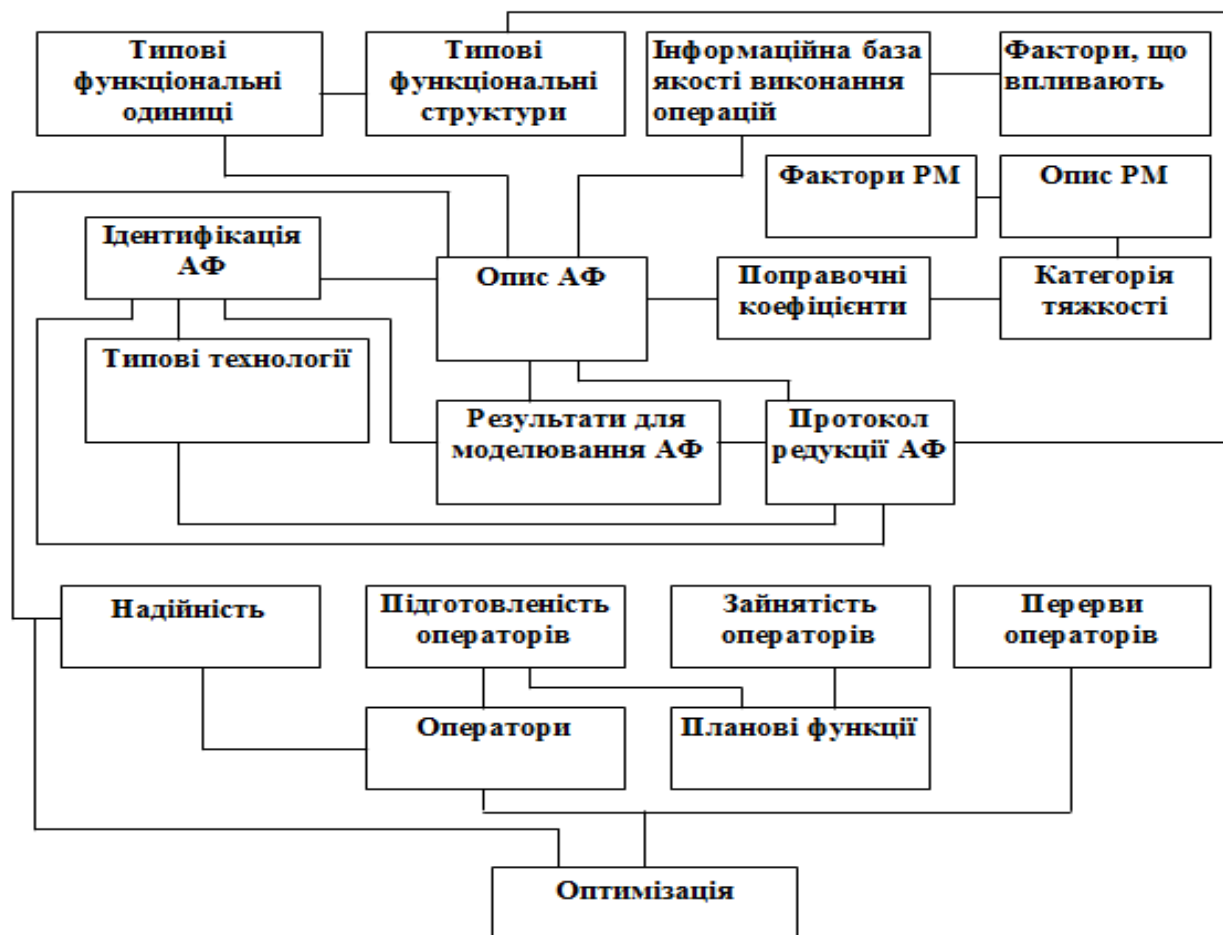


Рисунок 4.1 - Схема взаємозв'язків задач програмного комплексу автоматизації розподілу функцій між операторами інформаційної системи

На підставі структурних зв'язків інформаційних об'єктів, структури бази даних, макетів екранних форм складається функціонально-технологічна схема вирішення завдання розподілу функцій між операторами (рисунок 4.2).

Склад програмних та інформаційних засобів, необхідних для автоматизації завдання розподілу функцій між операторами показаний на рисунку 4.3.

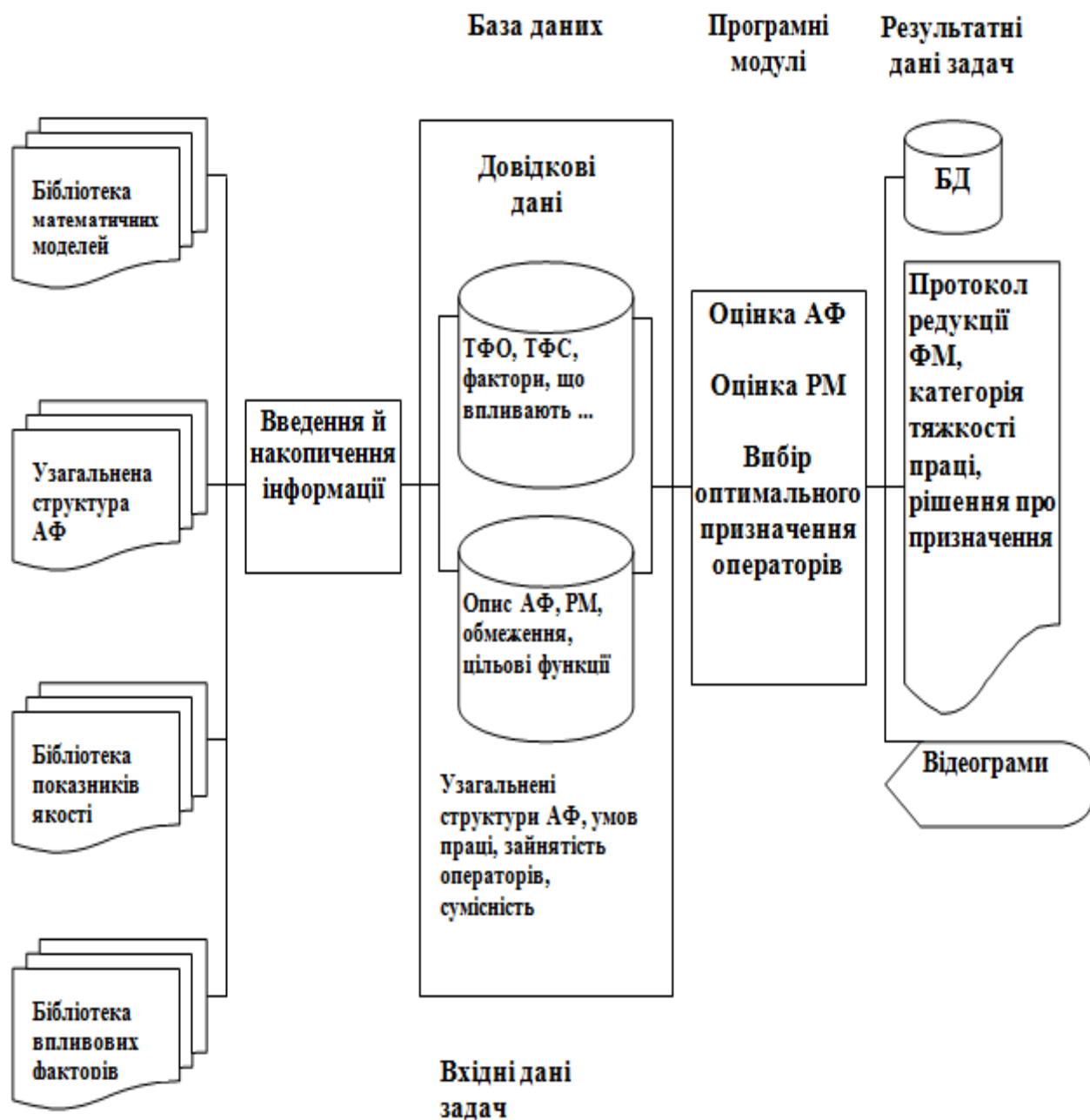


Рисунок 4.2 – Узагальнена функціонально-технологічна схема вирішення завдання розподілу функцій між операторами СОІУ

Методологічною основою СППР оператора-керівника вибрана функціонально-структурна теорія професора А. І. Губінського [11,13]. Всі дані, програмні модулі, необхідні для моделювання людино-машинного взаємодії, подаються двома книгами MS Excel. Перша книга містить дані й засоби (програмні модулі) для автоматизованої оцінки алгоритмів діяльності операторів та вибору оптимального призначення операторів на виконання функції, що надходить, друга - для оцінки робочого місця.

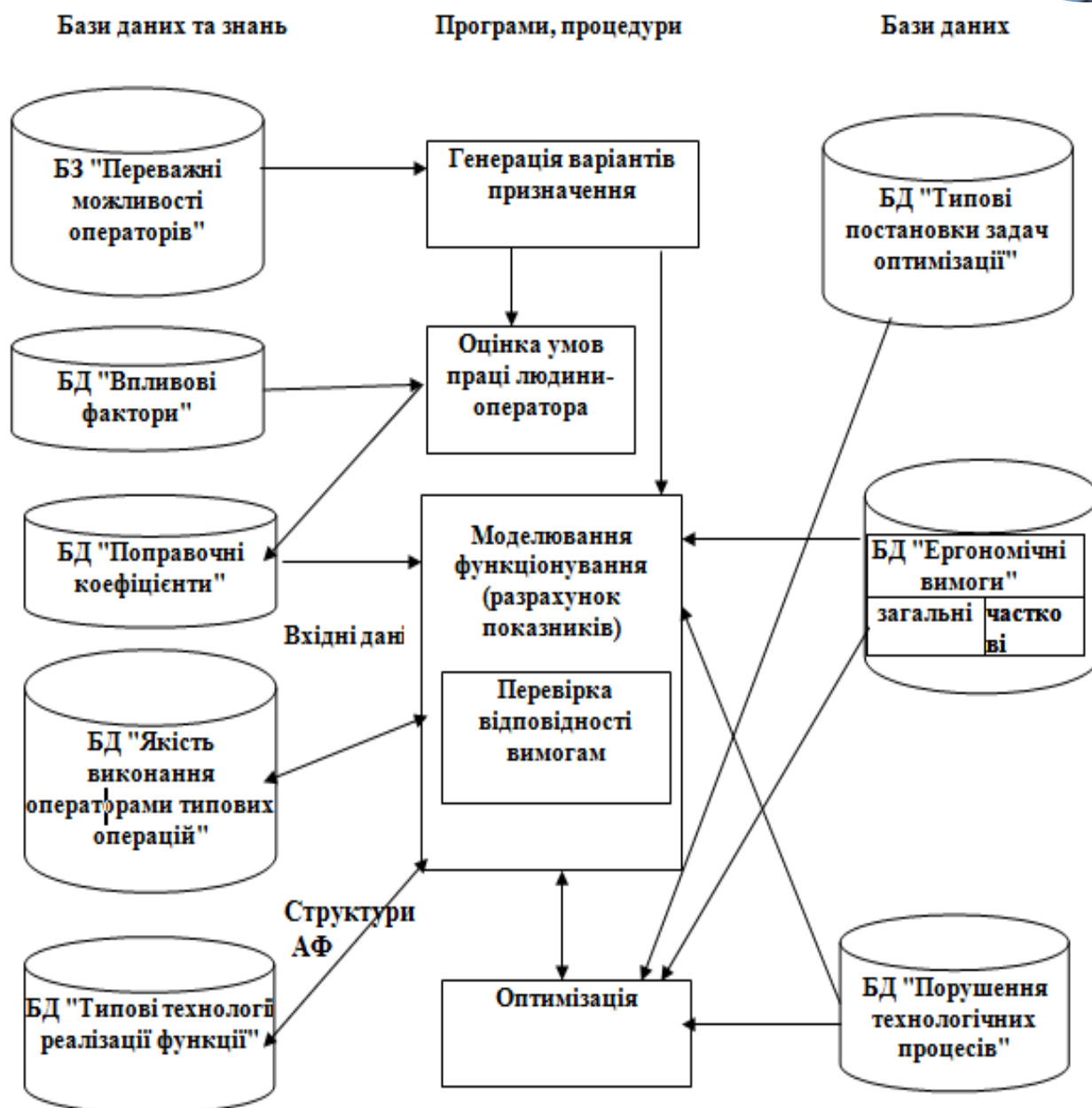


Рисунок 4.3 - Комплекс інформаційно-програмних засобів автоматизації задачі розподілу функцій між операторами

Виконується введення й накопичення опису узагальненої структури АФ, факторів, що впливають на умови праці на кожному робочому місці, обмеження, цільові функції для вибору оптимального варіанту закріплення функцій та ін. Довідкова інформація про ТФО, ТФС, графічне зображення структурних елементів, впливові чинники робочого середовища, а також показники якості виконання операцій заздалегідь завантажуються в базу даних MS Excel. Структура даних та їх розміщення на робочих листах книги MS Excel показані на рисунку 4.4. Аналогічним чином подається довідкова та оперативна інформація програмного модуля оцінки робочого місця оператора. Рішення



Рисунок 4.4 - Структура даних програми «Оцінка алгоритмів діяльності»



завдання вибору оптимального варіанту закріплення функції за операторами системи в запропонованій інформаційній технології здійснюється засобом MS Excel «Пошук рішення». Сформовано банк математичних моделей для вирішення оптимізаційних задач, які виникають в практиці прийняття рішень про закріплення заявок за операторами-виконавцями з урахуванням показників надійності діяльності [41, 43, 44, 45, 61].

Основні режими роботи програмного комплексу:

- «Запити оператора-керівника»: виявлення операторів, що мають можливість приступити до виконання функції, що надійшла на виконання;
- «Оцінка алгоритмів діяльності»: для моделювання новостворюваних алгоритмів функціонування та занесення їх в базу як типових технологій і роботи з існуючими алгоритмами функціонування, інформація про які зберігається в базі даних MS Excel;
- «Оцінка робочих місць операторів»: для визначення категорії тяжкості праці на робочих місцях операторів та визначення поправочних коефіцієнтів для показників якості діяльності операторів;
- «Оптимальне призначення операторів»: для вибору оптимального варіанту закріплення функції, що надійшла на виконання;
- «Довідники»: для ведення довідкової бази програмного комплексу.

Головна екранна форма програмного комплексу подана на рисунку 4.5. Основні елементи інтерфейсу користувача (командні кнопки, поля введення, списки та ін.) забезпечують введення вхідних даних, ініціюють виконання розрахунків, перегляд результатів.

Приклад реалізації технології оптимізації вибору оператора для виконання заявки. На фірму, основна діяльність якої - автоматизація підприємств житлово-комунального господарства, від замовників надходить заявка на розробку нового звіту. Необхідно призначити оператора-дослідника на виконання заявки. Інформація про операторів міститься в базі даних MS Excel «Оператори» (фрагмент показаний на рисунку 4.6). Інформація про планову зайнятості операторів системи міститься в базі даних «Зайнятість операторів» (фрагмент бази даних показаний на рисунку 4.7). Значення атрибутів вказаної бази даних по кожному оператору відображають зайнятість протягом робочого дня, час перерви, позначення закріплених планових функцій та стан готовності функцій. Операції алгоритму діяльності показані на рисунку 4.8, структура алгоритму діяльності оператора - на рисунку 4.9.

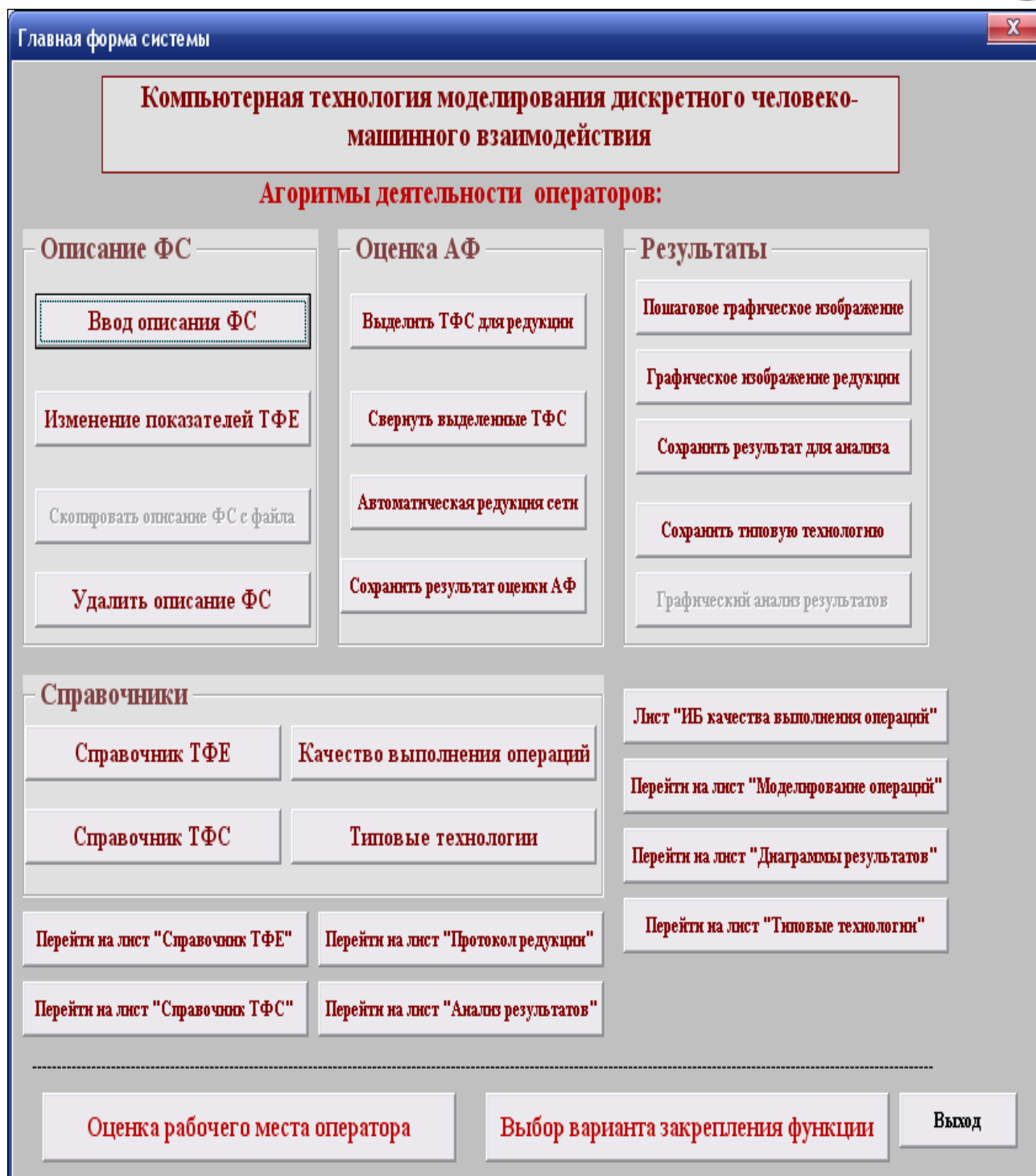


Рисунок 4.5 - Головна екранна форма програмного комплексу

Інформація про операторів, відібраних на першому етапі з бази даних «Зайнятість операторів» для виконання заявки, що надійшла, показана на рисунку 4.10, показники якості виконання алгоритму діяльності одним із операторів - на рисунку 4.11, фрагмент формальної структури алгоритму діяльності з виконання заявки - на рисунку 4.12. Результати оцінки алгоритму діяльності наведені на рисунку 4.13.



	A	B	C	D	E	F
1	Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия					
2						
3	Название системы:	Программный комплекс БАС:Население				
4	Название подсистемы:	Конфигурирование программы				
5	Название процесса:	Разработка отчета				
6						
7	Поступившая заявка на выполнение функции					
8	Название	Время начала выполнения	Время окончания выполнения	Приоритет функции		
9	Разработка отчета	11:00	13:00	Срочная		
10						
11	Операторы					
12	Код оператора	Фамилия И.О.	Тип оператора	АРМы		
13	Оператор 1	Петренко Ю.В.	Оператор-исследователь	АРМ 1		
14	Оператор 2	Любич В.Б.	Оператор-исследователь	АРМ 2		
15	Оператор 3	Шатило В.А.	Оператор-исследователь	АРМ 3		
16	Оператор 4	Литвин Ю.Ю.	Оператор-исследователь	АРМ 4		
17	Оператор 5	Петренко В.П.	Оператор-руководитель	АРМ 5		
18						

Рисунок 4.6 - Фрагмент бази даних MS Excel «Оператори»

39									
40	Занятость операторов								
	Рабочее место	Оператор	Начало перерыва	Окончание перерыва	Выполняема функция	Время начала выполнения функции	Время окончания выполнения функции	Признак выполнения	Приоритет функции
41									
42	АРМ 1	Оператор 1	13:30	14:30	P1f1	8:00	11:00	ДА	Срочная
43	АРМ 1	Оператор 1	13:30	14:30	P1f2	13:00	13:30	НЕТ	По плану
44	АРМ 2	Оператор 2	14:00	15:00	P1f3	8:00	11:00	ДА	По плану
45	АРМ 2	Оператор 2	14:00	15:00	P1f4	13:00	14:00	НЕТ	По плану
46	АРМ 2	Оператор 2	14:00	15:00	P1f5	15:00	17:00	НЕТ	По плану
47	АРМ 3	Оператор 3	12:00	13:00	P1f6	8:00	11:00	ДА	Срочная
48	АРМ 3	Оператор 3	12:00	13:00	P1f7	13:00	14:00	НЕТ	По плану
49	АРМ 4	Оператор 4	14:00	15:00	P1f8	8:00	12:00	НЕТ	Может быть отложена
50	АРМ 4	Оператор 4	14:00	15:00	P1f9	12:00	14:00	НЕТ	Может быть отложена
51	АРМ 4	Оператор 4	14:00	15:00	P1f10	15:00	17:00	НЕТ	По плану

Рисунок 4.7 - Фрагмент бази даних MS Excel «Зайнятiсть операторiв»

	A	B	C
28	Название	Обозначение	Название ТФЕ
29	Восприятие заявки на формирование отчета	P_1	Рабочая
30	Настройка отчета	P_2	Рабочая
31	Выбор режима "Отчеты-Формирование"	P_3	Рабочая
32	Задание значений параметров отчета	P_4	Рабочая
33	Предварительный просмотр	P_5	Рабочая
34	Печать отчета	P_6	Рабочая
35	Контроль правильности задания структуры отчета	K_1	Контроль функционирования
36	Контроль правильности задания значений параметров отчета	K_2	Контроль функционирования
37	Контроль правильности сформированного отчета после просмотра	K_3	Контроль функционирования
38			

Рисунок 4.8 - Операції алгоритму діяльності

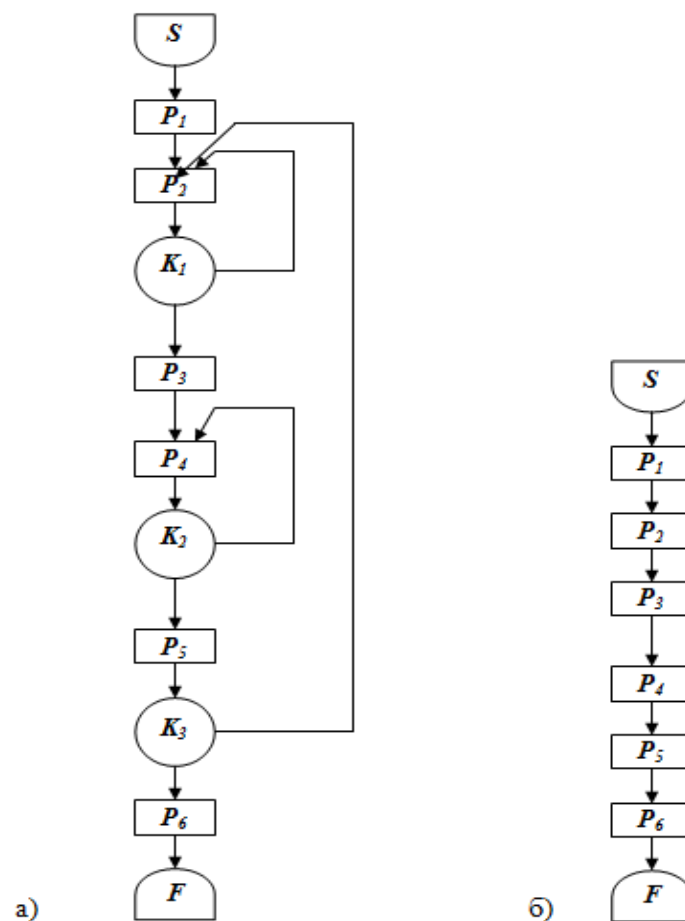


Рисунок 4.9 - Структура алгоритмів діяльності з виконання заявок:

а) – при наявності контрольних операцій; б) – без контрольних операцій



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
33									
34	Занятость операторов								
	Рабочее место	Оператор	Начало перерыва	Окончание перерыва	Выполняема функция	Время начала выполнения функции	Время окончания выполнения функции	Признак выполнения	Приоритет функции
35									
36	APM 1	Оператор 1	13:30	14:30	f1	8:00	11:00	ДА	Срочная
37	APM 1	Оператор 1	13:30	14:30	f2	13:00	13:30	НЕТ	По плану
38	APM 2	Оператор 2	14:00	15:00	f3	8:00	11:00	ДА	По плану
39	APM 2	Оператор 2	14:00	15:00	f4	13:00	14:00	НЕТ	По плану
40	APM 2	Оператор 2	14:00	15:00	f5	15:00	17:00	НЕТ	По плану
41	APM 3	Оператор 3	12:00	13:00	f6	8:00	11:00	ДА	Срочная
42	APM 3	Оператор 3	12:00	13:00	f7	13:00	14:00	НЕТ	По плану
43	APM 4	Оператор 4	14:00	15:00	f8	8:00	12:00	НЕТ	Может быть отложена
44	APM 4	Оператор 4	14:00	15:00	f9	12:00	14:00	НЕТ	Может быть отложена
45	APM 4	Оператор 4	14:00	15:00	f10	15:00	17:00	НЕТ	По плану
46									
47									
48	Условие выбора операторов на выполнение поступившей заявки								
	Начало перерыва	Окончание перерыва	Время начала выполнения функции	Время окончания выполнения функции	Признак выполнения				
49									
50		<11:00		<=11:00	ДА				
51	>=13:00		>=13:00						
52									
53	Операторы, выбранные для выполнения заявки								
54									
	Рабочее место	Оператор							
55									
56	APM 1	Оператор 1							
57	APM 2	Оператор 2							
58	APM 4	Оператор 4							
59									

Рисунок 4.10 - Список операторів, відібраних для виконання заявки

	Показатели качества выполнения операций алгоритма деятельности операторами системы						
55							
	Операции алгоритма	Операторы	Вероятность безошибочного выполнения, В	Вероятность того, что правильно выполнена операция будет признана правильной, K^{11}	Вероятность того, что неправильно выполнена операция будет признана неправильной, K^{00}	Математическое ожидание времени выполнения М(Т), час	Дисперсия времени выполнения D(Т), час²
56							
57	P1	Оператор 1	0,998			0,2500	0,040
61	P2	Оператор 1	0,9965			1,0000	0,400
65	P3	Оператор 1	0,999			0,0060	0,040
69	P4	Оператор 1	0,997			0,0830	0,030
73	P5	Оператор 1	0,998			0,1420	0,050
77	P6	Оператор 1	0,999			0,0383	0,001
81	K1	Оператор 1		0,999	0,989	0,1660	0,030
85	K2	Оператор 1		0,999	0,998	0,0166	0,030
89	K3	Оператор 1		0,998	0,998	0,0900	0,020

Рисунок 4.11 - Показники якості виконання алгоритму діяльності одним із операторів



15	Номер п/п	Название ТФЕ	Код ТФЕ	Обозначение ТФЕ	Продолжение						Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки
					При выполнении условия	При невыполнении по КФ	При невыполнении по КР	На продолжение цикла	Номер на выход из цикла	Количество повторений в цикле	
16	1	91-Стартер	91	Старт	2	0	0	0	0	0	0,000000
17	2	1 - Рабочая	1	P1	3	0	0	0	0	0	0,998000
18	3	1 - Рабочая	1	P2	4	0	0	0	0	0	0,996500
19	4	3 - Контроль функционирования	3	K1	5	3	0	0	0	0	0,000000
20	5	1 - Рабочая	1	P3	6	0	0	0	0	0	0,999
21	6	1 - Рабочая	1	P4	7	0	0	0	0	0	0,997000
22	7	3 - Контроль функционирования	3	K2	8	6	0	0	0	0	0
23	8	1 - Рабочая	1	P5	9	0	0	0	0	0	0,998000
24	9	3 - Контроль функционирования	3	K3	10	3	0	0	0	0	0,000000
25	10	1 - Рабочая	1	P6	11	0	0	0	0	0	0,999000
26	11	99-Финишер	99	Финиш	0	0	0	0	0	0	0
27											

Рисунок 4.12 - Фрагмент формальной структуры алгоритму діяльності з виконання заявки

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		Показатели качества выполнения алгоритма				
4	Оператор	Вероятность безошибочности выполнения алгоритма	Математическое ожидание времени выполнения алгоритма	Дисперсия времени выполнения алгоритма	Вероятность своевременного выполнения алгоритма	Заданное директивное время, мин., То:
5	Оператор 1	0,996819249	112,1213699	216,5166	0,99497694	150
6	Оператор 2	0,993849937	129,0864742	222,8089	0,919403987	150
7	Оператор 4	0,992178569	119,0967456	276,5432	0,968438883	150

Рисунок 4.13 - Показники якості виконання алгоритму діяльності операторами при наявності операцій контролю

Розроблені моделі та програмне забезпечення дозволили виявити оптимальний варіант закріплення за операторами заявки на розробку звіту. В результаті, рішення задачі закріплено за 1-м оператором. Імовірність безпомилкового виконання алгоритму функціонування дорівнює 0,99681, ймовірність своєчасного виконання дорівнює 0,99497.

Для дослідження ефективності розроблених моделей проведена серія



комп'ютерних експериментів за вхідними даними та матеріалами ПП «Науково-дослідницьке та конструкторсько-технологічне бюро автоматизованих систем» (ПП БАС, м. Суми).

Сфера діяльності підприємства - автоматизація підприємств ЖКГ на платформі автоматизованої системи «БАС: Населення» [38]:

1. Розробка й впровадження програмного забезпечення;
2. Технологічне обслуговування та супровід інформаційних технологій.

У комп'ютерній мережі підприємства працює в середньому 17 операторів. Оператори зайняті: плановою роботою (розміщення та розгортання комплексу поставки на сервері замовника, завантаження й підтримка в актуальному стані бази даних, підтримка структури файлів при обміні даними з Управлінням праці та соціального захисту населення, адміністрування системи прийому платежів в банках, адміністрування рольового доступу до інформації, розробка нового програмного забезпечення та ін.); виконанням заявок від підприємств, що перебувають на обслуговуванні фірми.

Особливостями організації діяльності операторів є:

- графік планової роботи складається перед початком робочої зміни і, як правило, коригуванню не підлягає;
- поточні заявки пов'язані з терміновими роботами, що виникають на об'єктах обслуговування, і мають деякі особливості: виникають в випадкові моменти часу;
- мають жорсткі тимчасові обмеження на термін виконання;
- виконання заявки з помилкою або з порушенням термінів призводить до економічних збитків;
- статистична інформація про характер надходження заявок різних типів - відома.

Експеримент проводився з урахуванням двох типів заявок, що надходять від фірм-клієнтів, основна діяльність яких - поставка теплової енергії юридичним особам та населенню:

- ТОВ "ХІМ ТЕПЛО", м. Суми;
- ТОВ "ГазТеплоІнвест" (котельні м. Суми);
- ТОВ "Суми-ТЕКО" (Сумська ТЕЦ);
- ТОВ "Торговий дім ТеплоЕнерго" (м. Шостка);
- АТ "Правекс-БРОК" (м. Охтирка);



- СМПО ім. Фрунзе, Котельня північного промислового вузла (м. Суми).

Зміст заявок:

1-й тип, f_1 – зміна алгоритму розрахунку з обліку збуту теплової енергії та розробка нових вихідних форм;

2-й тип, f_2 – введення нових ролей користувачів.

Для кожного типу заявок побудовані: типова модель виконання заявки у вигляді графа робіт; формальний опис мовою опису функціональної мережі; комп'ютерна модель (з занесенням до бази даних автоматизованої системи).

На підприємстві прийнята практика виконання заявок одним оператором. Вихідні дані про характеристики операторів системи (ступінь готовності до виконання заявок; умови праці на робочому місці; зайнятість виконанням планових заявок протягом робочої зміни, а також показники якості виконання окремих операцій, що входять в алгоритми діяльності реалізації заявок) надані ПП БАС.

Комп'ютерний експеримент був організований в такий спосіб:

- досліджувалася організація діяльності для 10-ти різних операторських змін;

- для кожної зміни задавалися: графіки планової зайнятості операторів; категорія тяжкості праці на робочих місця; випадкові моменти часу надходження заявок обох типів; вимоги до часу завершення заявок.

При дослідженні різних способів закріплення заявок за виконавцями розглядалася деяка обмежена множина стратегій:

S0 - випадкова генерація варіанту;

S1 - випадковий вибір з вільних операторів;

S2 - випадковий вибір з найбільш підготовлених операторів;

S3 - випадковий вибір з найбільш підготовлених вільних операторів з допустимими умовами праці на робочому місці;

S* - варіант, обраний системою на підставі порівняння показників безпомилковості й часу виконання алгоритму діяльності з урахуванням характеристик операторів та наявного у них резерву часу.

Структури алгоритмів діяльності, фрагменти вхідних даних для проведення розрахунків під час комп'ютерного експерименту й результати якісного виконання заявок для деяких із 10 змін наведені на рисунках 4.14 – 4.17 та в таблицях 4-5.

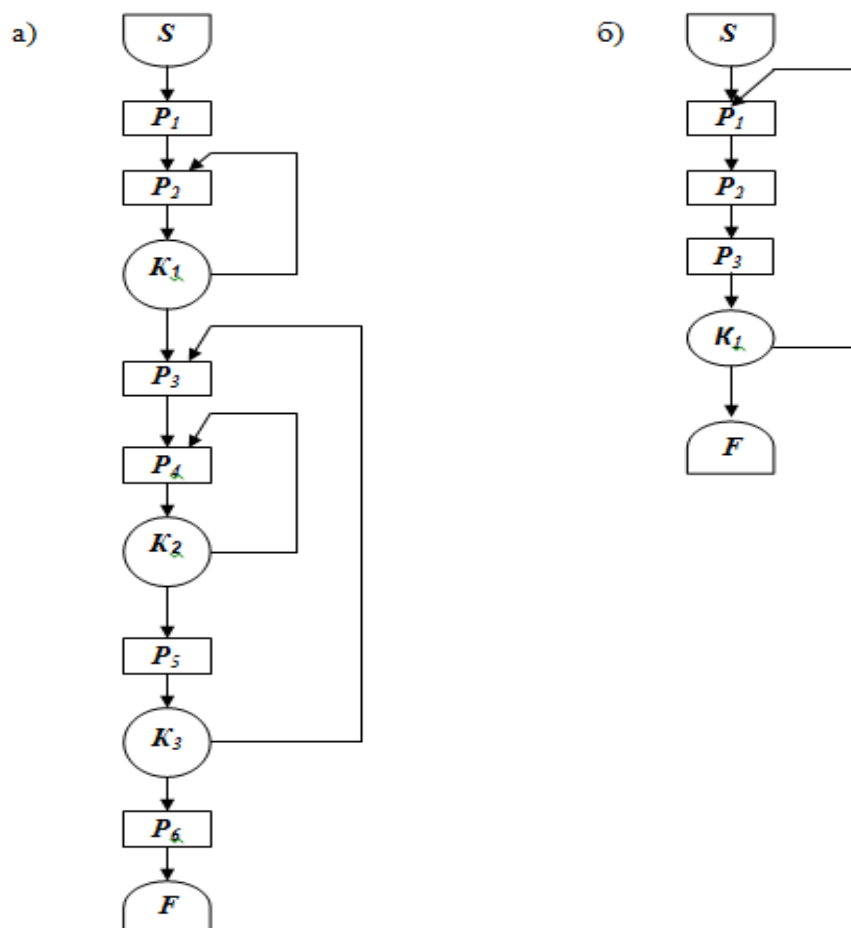


Рисунок 4.14 - Структура алгоритмів діяльності з виконання заявок:
 а) – тип f_1 - зміна алгоритму розрахунку з обліку збуту теплової енергії; б) – тип f_2 - введення нових ролей користувачів

Таблиця 4 - Вхідні дані з якості виконання робочих операцій алгоритмів для заявок f_1 та f_2 (фрагмент)

Оператор	Характеристики виконання		Операції								
			Заявка f_1						Заявка f_2		
			P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_1	P_2	P_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Безпомилковість	B^I	0,99 4	0,992	0,995	0,995	0,989	0,989	0,999	0,996	0,997
	Час	$M, хв$	10,4	32,2	20,9	15,1	20,7	5,3	5,1	20,4	14,2
		$D, хв^2$	0,10	0,32	0,21	0,15	0,22	0,05	0,25	0,20	0,14
2	Безпомилковість	B^I	0,98 1	0,996	0,975	0,975	0,975	0,975	0,995	0,995	0,995
	Час	$M, хв$	9,1	30,3	22,5	14,8	21,3	6,1	8,4	25,5	15,3
		$D, хв^2$	0,09	0,35	0,22	0,14	0,21	0,06	0,28	0,25	0,15
3	Безпомилковість	B^I	0,99 3	0,894	0,985	0,885	0,981	0,981	0,891	0,981	0,889
	Час	$M, хв$	10,1	30,31	21,5	15,8	20,3	7,1	7,4	24,5	16,3
		$D, хв^2$	0,08	0,34	0,22	0,12	0,24	0,07	0,29	0,23	0,25

Таблиця 5 - Вхідні дані з якості виконання контрольних операцій алгоритмів для заявок f_1 та f_2 (фрагмент)

Оператор	Характеристики виконання		Операції			
			Заявка f_1			Заявка f_2
			K_1	K_2	K_3	K_1
1	2	3	4	5	6	7
1	Якість контролю	K^{11}	0,999	0,989	0,989	0,989
		K^{00}	0,999	0,979	0,986	0,985
	Час	$M, хв.$	15,2	10,4	10,3	10,1
		$D, хв^2$	0,25	0,11	0,21	0,30
2	Якість контролю	K^{11}	0,975	0,975	0,975	0,975
		K^{00}	0,979	0,977	0,975	0,974
	Час	$M, хв.$	11,3	10,5	8,7	9,6
		$D, хв^2$	0,21	0,11	0,18	0,29
3	Якість контролю	K^{11}	0,881	0,981	0,981	0,994
		K^{00}	0,881	0,981	0,981	0,994
	Час	$M, хв.$	18,2	10,6	12,4	10,8
		$D, хв^2$	0,28	0,30	0,22	0,41

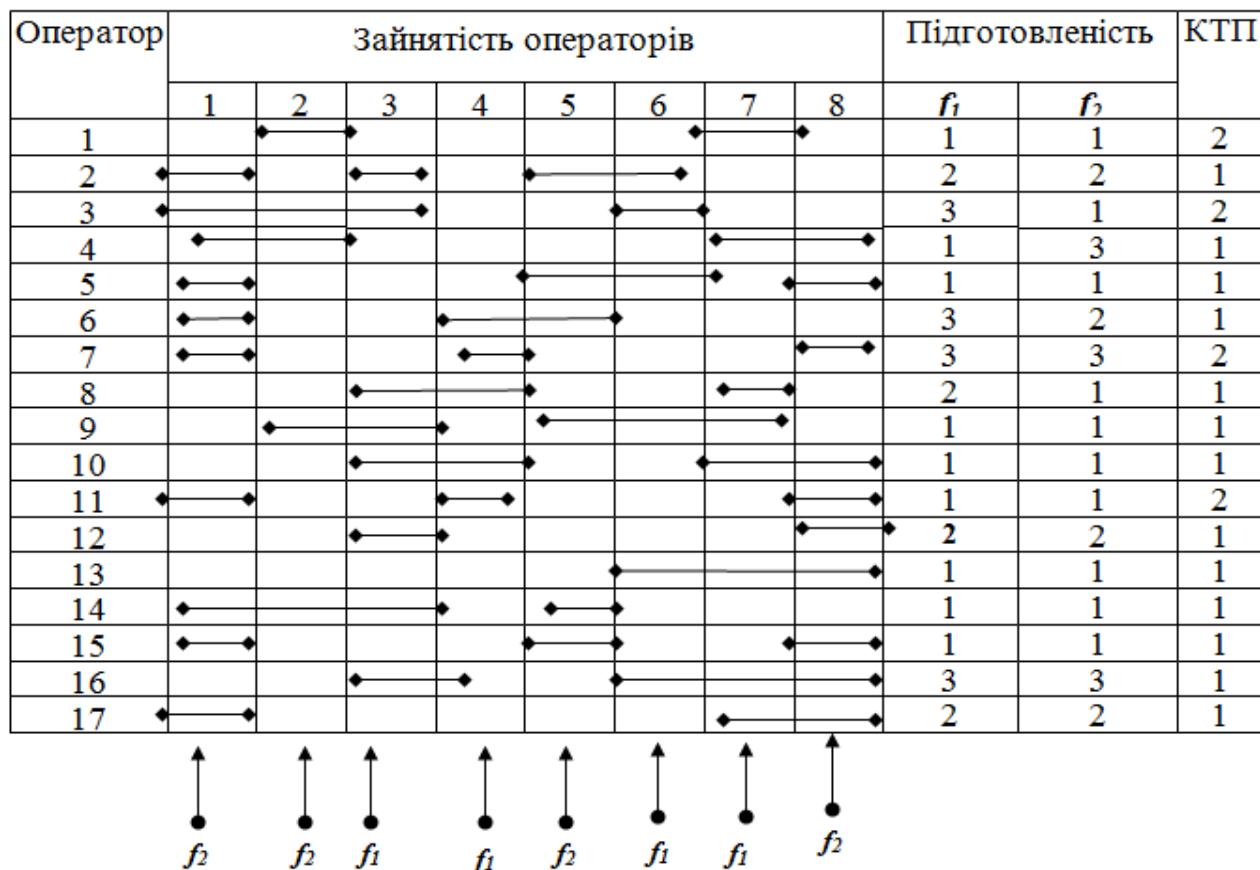


Рисунок 4.15 – Вхідні дані стосовно зайнятості, підготовленості, умов праці на робочих місцях операторів. Зміна 6.

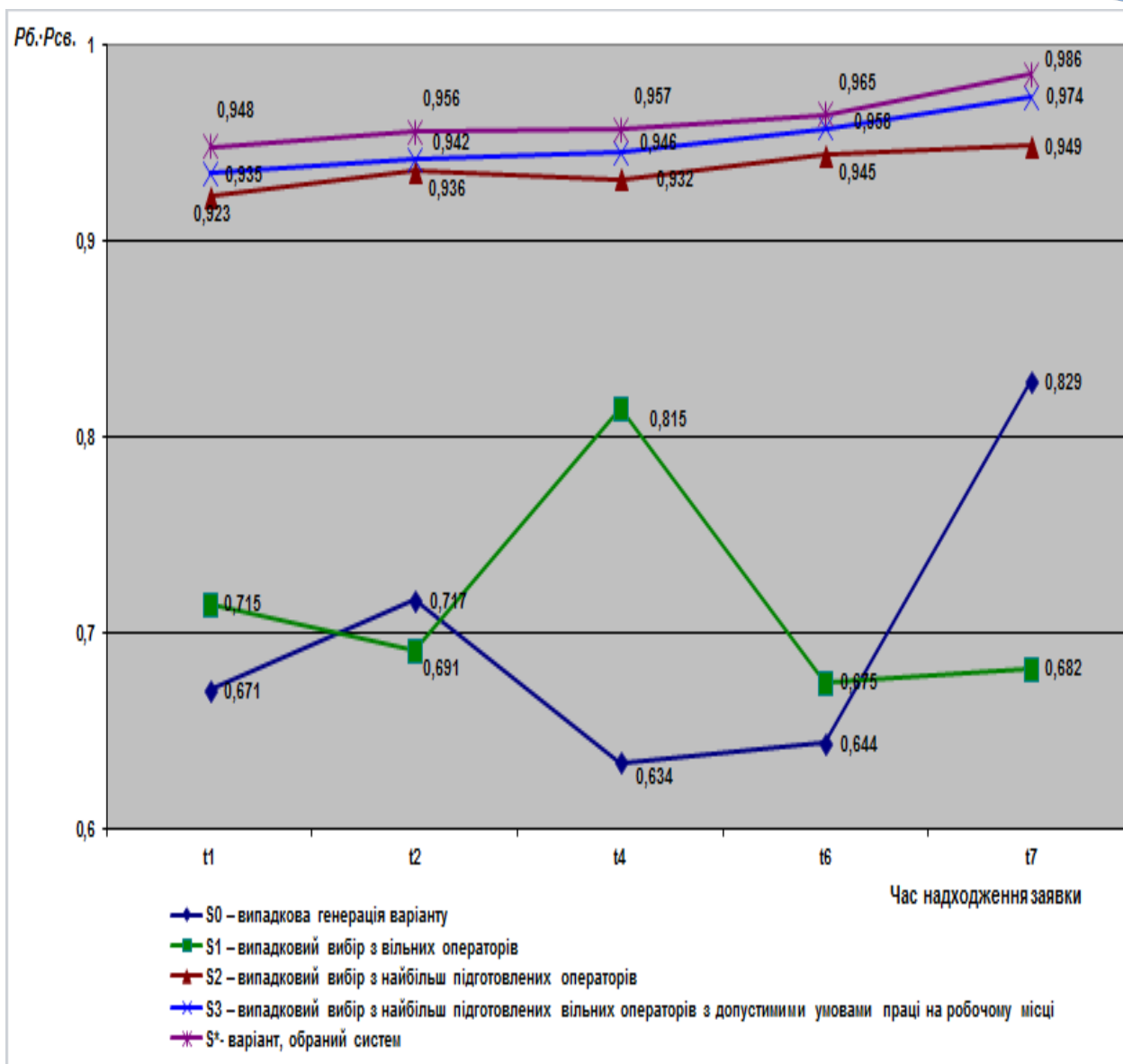


Рисунок 4.16 - Діаграма значень ймовірності безпомилкового і своєчасного виконання для заявки типу f_1 в залежності від вибраної стратегії (Зміна 4)

Середні значення ймовірностей безпомилкового та своєчасного виконання для заявок кожного типу в залежності від обраної стратегії (міри використання засобів автоматизованої системи) подані на рисунку 4.17.

Отже, наведені приклади показують, що запропонована інформаційна технологія дозволяє:

- автоматизувати зберігання, накопичення й пошук інформації, необхідної для оцінки алгоритмів функціонування; автоматично «згортати» структури, підвищуючи тим самим ступінь автоматизації розрахунків;

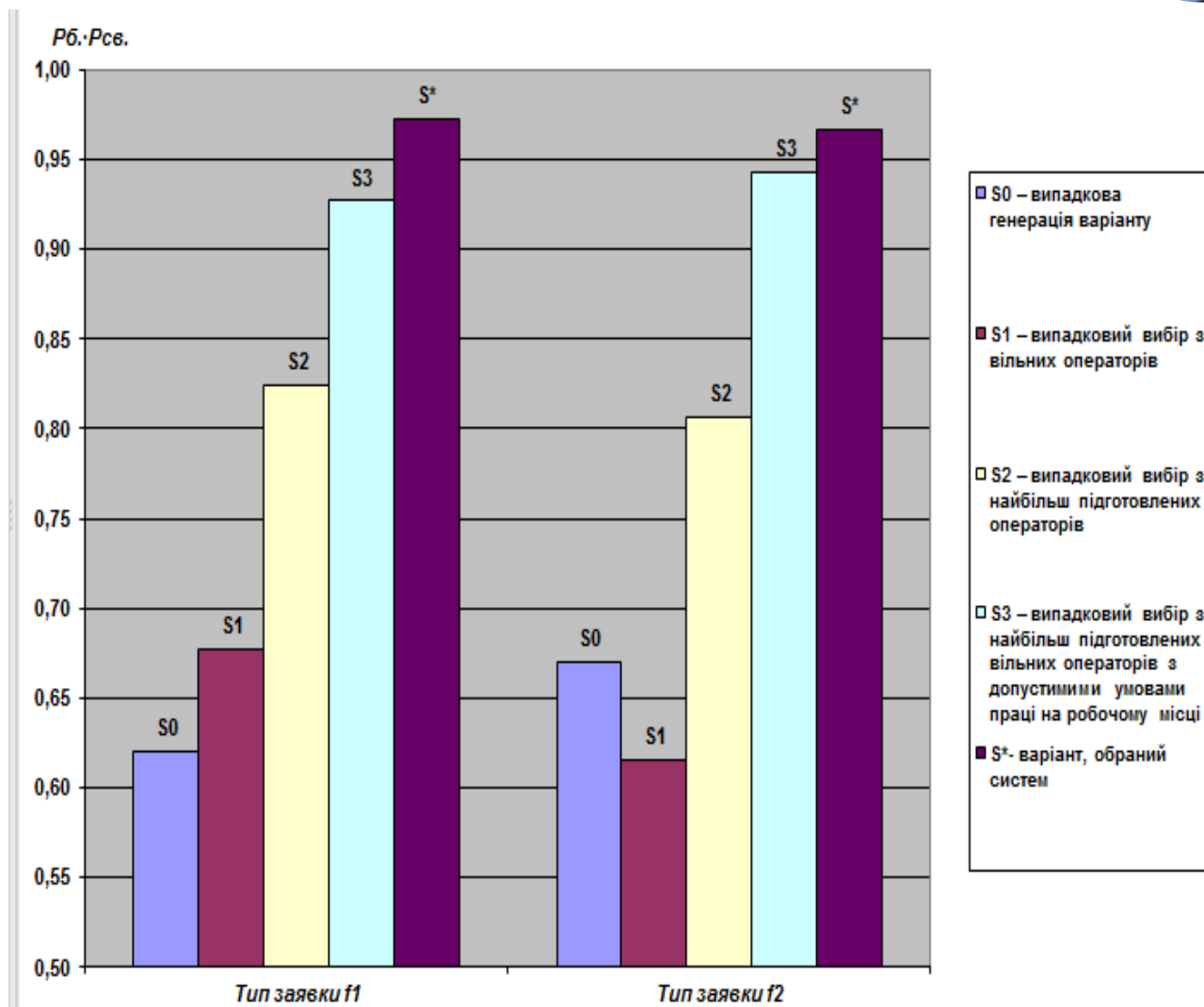


Рисунок 4.17 - Середні значення показників «ймовірність безпомилкового та своєчасного виконання» для заявок кожного типу в залежності від обраної стратегії

- моделювати процеси виникнення, виявлення, усунення та поширення помилок різних типів;

- проводити оцінку робочого місця оператора;

- автоматизувати вибір оптимального варіанту закріплення функції за операторами системи; оператору-керівнику приймати аргументовані рішення;

- істотно підвищити безпомилковість та своєчасність реалізації заявок.



1.5. Апробація та аналіз результатів

Розроблені моделі формалізованого опису організації СОІУ, спосіб опису ФМ, моделі автоматичного синтаксичного аналізу й редукції ФМ та моделі задач оптимізації для прийняття рішень про розподіл функцій між операторами покладені в основу програмного комплексу “Комп’ютерна технологія моделювання дискретної людино-машинної взаємодії” [54, 55, 69]. Отримані результати можуть бути використані в службах ергономічного забезпечення автоматизованих систем з дискретним характером діяльності, що допускає поопераційне опис [61 - 64, 66, 67, 68]. Вказана технологія апробована при моделюванні систем «людина-машина» різного призначення: розподілені банківські системи [60]; автоматизовані системи управління магістральними газопроводами; систем електронного навчання [58, 59]; гнучкі виробничі системи [56], автоматизовані системи контактних центрів; системи технічного забезпечення ІТ-ресурсів у телекомунікаціях [65]; ІТ-аутсорсинг [57] та ін. Розроблена інформаційна технологія та моделі використовуються при вивченні відповідних тем навчальних курсів з "Ергономіки" та "Інформаційних систем" в Сумському державному університеті, Сумському національному аграрному університеті, Полтавській аграрній академії та Національному університеті біоресурсів та природокористування (Київ).

Висновки

Проведено змістовний аналіз предметної області «Ергономічна якість полієргатичних систем обробки інформації та управління» дозволив зробити висновок про недостатній розвиток наукових підходів до забезпечення надійності діяльності при виборі варіантів розподілу функцій між операторами. Методологічною базою дослідження є людино-системна концепція та функціонально-структурна теорія ерготехнічних систем проф. А. І. Губінського.

Розроблені моделі формалізованого опису організації СОІУ враховують фактори, пов’язані з полієргатичним характером систем і описують особливості груп операторів, що працюють в автоматизованих системах (режими праці та відпочинку, робоча середовище, індивідуальні алгоритми виконаних функцій, переважні можливості та ін.). Спосіб опису алгоритмів діяльності операторів



забезпечує можливість використання процедур ідентифікації типових елементів людино-машинної взаємодії для процесу редукції функціональної мережі при оцінці показників надійності діяльності.

Розроблені алгоритми розпізнавання типових функціональних структур діяльності людини-оператора та автоматичної редукції функціональних мереж, а також виведення розрахункових залежностей для оцінки надійності реалізації типових функціональних структур діяльності при необхідності урахування помилок різних типів.

Сформований банк оптимізаційних моделей для класу задач, пов'язаних з прийняттям рішень про організацію виконання заявки, що оперативно надходить, виходячи з: вимог антропоцентричної концепції ергономічного забезпечення СОІУ; необхідності комплексного урахування ергономічних норм та вимог; технологічних обмежень; орієнтації на функціонально-структурну теорію опису та оцінювання людино-машинної взаємодії.

Розроблене інформаційне й програмне забезпечення, що реалізує комп'ютерну технологію оцінювання та вибору варіантів розподілу функцій між операторами. На практичному матеріалі перевірена конструктивність ідей та придатність розроблених засобів.

Результати можуть бути використані для систем підтримки прийняття рішень операторів-керівників в автоматизованих системах обробки інформації та управління, в яких оператори-виконавці зайняті як виконання планових заявок, так і заявок, що обробляються у випадкові моменти часу. Шляхами розвитку результатів можуть бути поширення на проблемні ситуації розподілу функцій у випадках, коли: відомий попередній план надходжень заявок для деякого завдання часового інтервалу; можливі черги заявок до окремих операторів-виконавців.