

Тема дослідження: “Динамічне керування рухомими об'єктами в умовах невизначеності в реальному часі”

Аспірант: Дьяков С.О.

Науковий керівник: Ямпольський Л.С.





Об'єкт дослідження

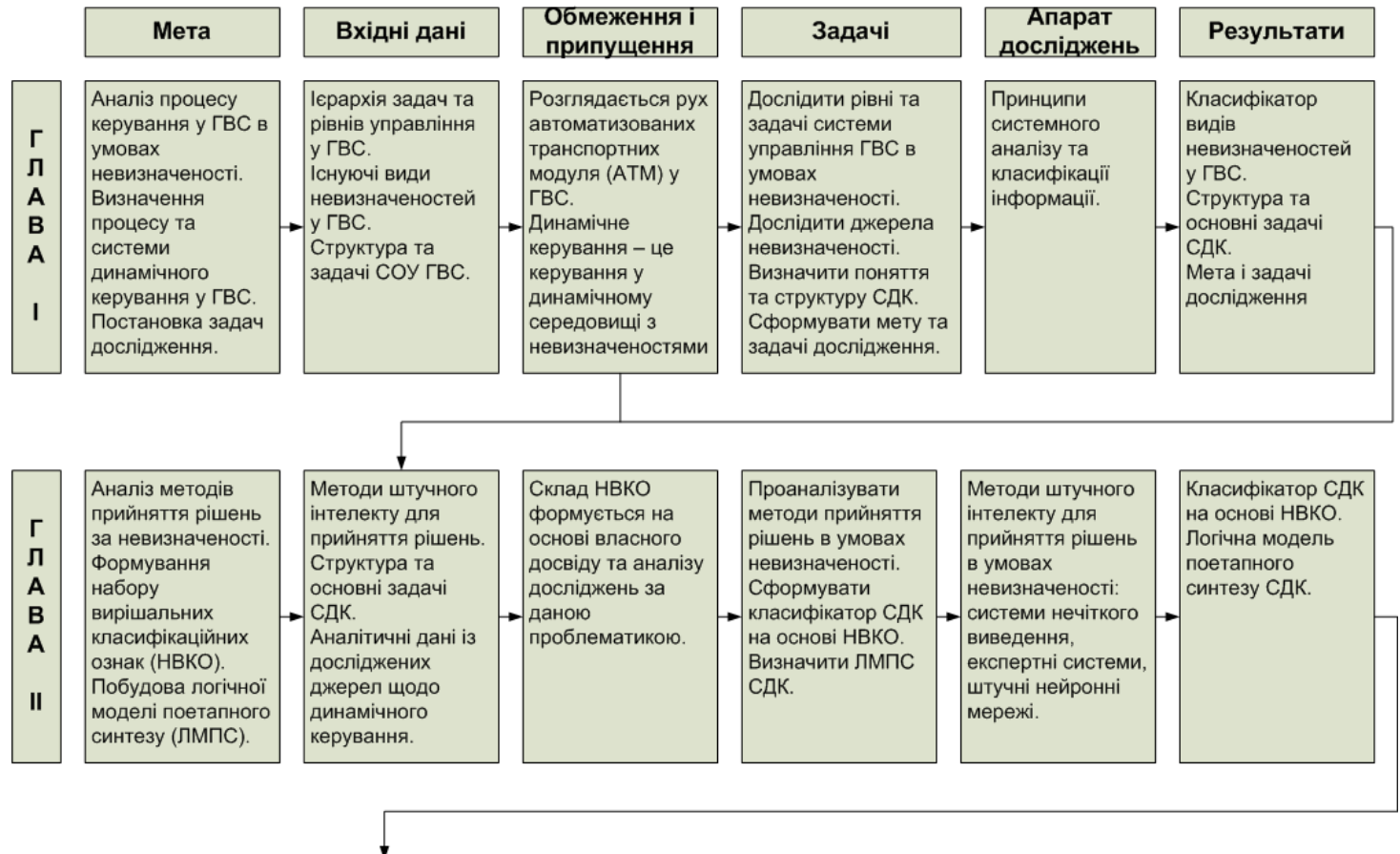
- Автоматизована транспортно-складська система (АТСС) у гнучкій виробничій системі (ГВС)



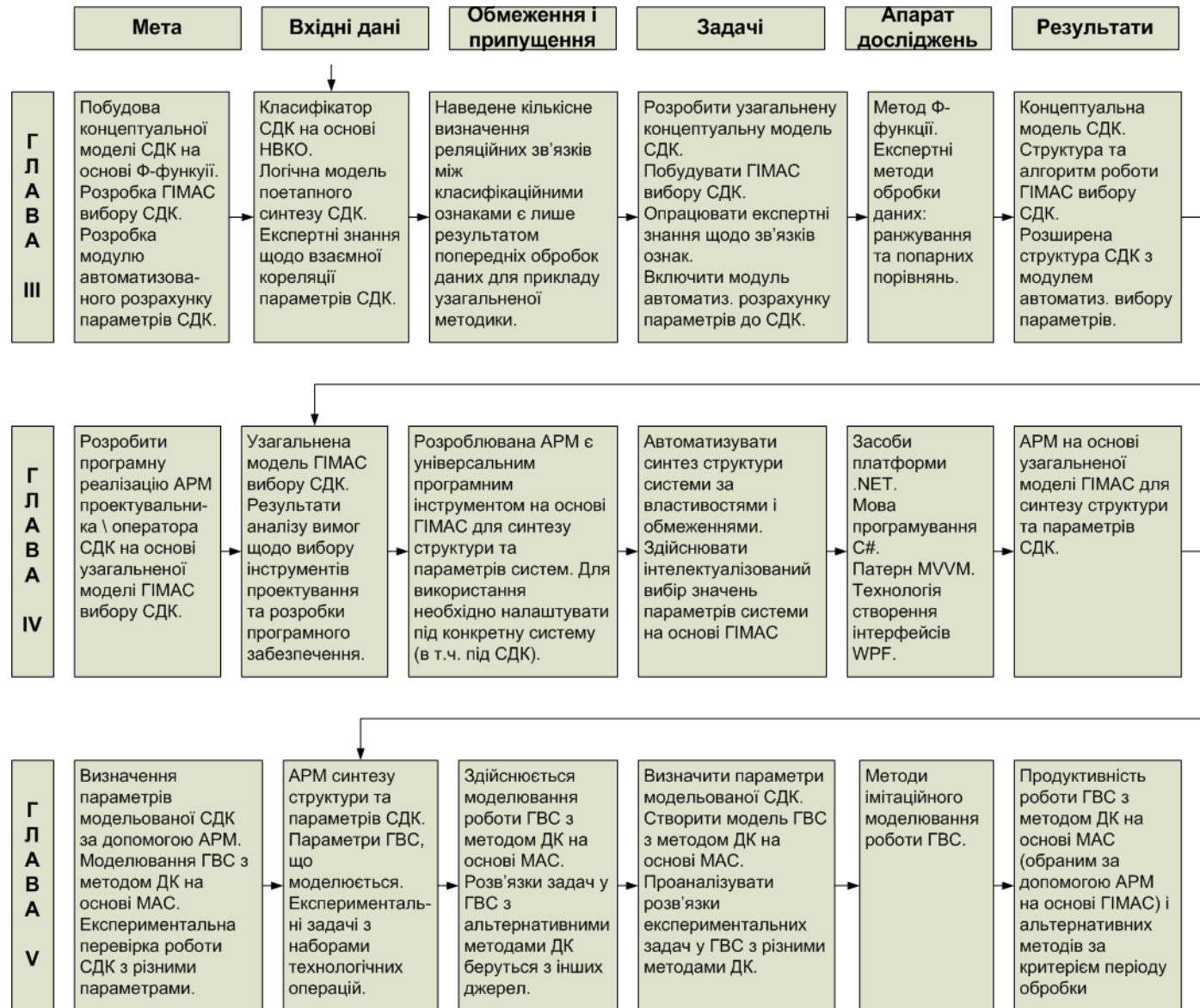
Мета дослідження

- Підвищення ефективності функціонування транспортної системи ГВС в умовах невизначеності, шляхом збільшення ступеня автоматизації системи керування.

Структура дослідження (1)



Структура дослідження (2)



Задачі дослідження (1)

1. Провести аналіз рівнів керування автономними транспортними модулями в ГВС.
2. Сформулювати визначення системи динамічного керування як основної підсистеми СОУ при керуванні в реальному часі.
3. Дослідити виробниче середовище щодо можливих типів невизначеностей.
4. Проаналізувати методи прийняття рішень в умовах невизначеності.
5. Створити класифікатор СДК на основі набору вирішальних класифікаційних ознак.
6. Визначити логічну модель поетапного синтезу СДК.
7. Розробити узагальнену концептуальну модель СДК на основі Φ -функції.

Задачі дослідження (2)

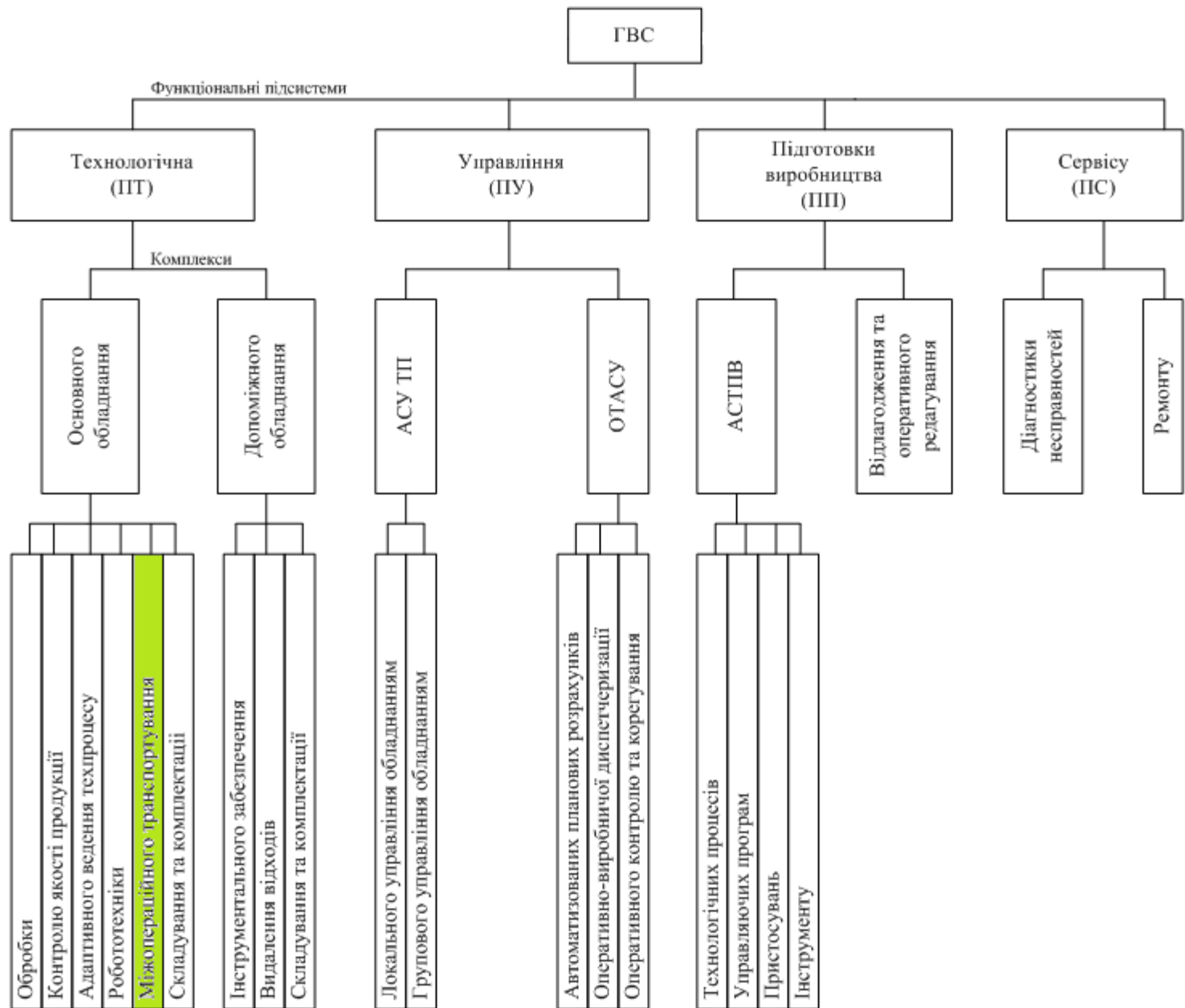
8. Спроекувати мультиагентне середовище для автоматизованого синтезу системи динамічного керування.
9. Опрацювати експертні знання щодо кількісної оцінки реляційних зв'язків між класифікаційними ознаками СДК.
10. Створити програмне забезпечення у вигляді АРМ на основі мультиагентного середовища для синтезу СДК.
11. Розрахувати за допомогою АРМ параметри СДК для ГВС, що моделюється.
12. Розробити модель функціонування ГВС з методом динамічного керування на основі МАС та вдосконаленого МАС з використання СНВ.
13. Провести експериментальні дослідження та порівняти за обраними критеріями оптимальності результати для ГВС з різними параметрами.



Задача 1

- Провести аналіз рівнів керування автономними транспортними модулями у ГВС.

АТСС у структурі ГВС



Ієрархія та цілі рівнів керування ГВС

Адміністративний

- Техніко-економічне планування;
- Економічне управління;

Стратегічний

- Оперативне планування;
- Організаційне управління;

Тактичний

- Оперативна диспетчеризація;
- Технологічне управління;

Виконавчий

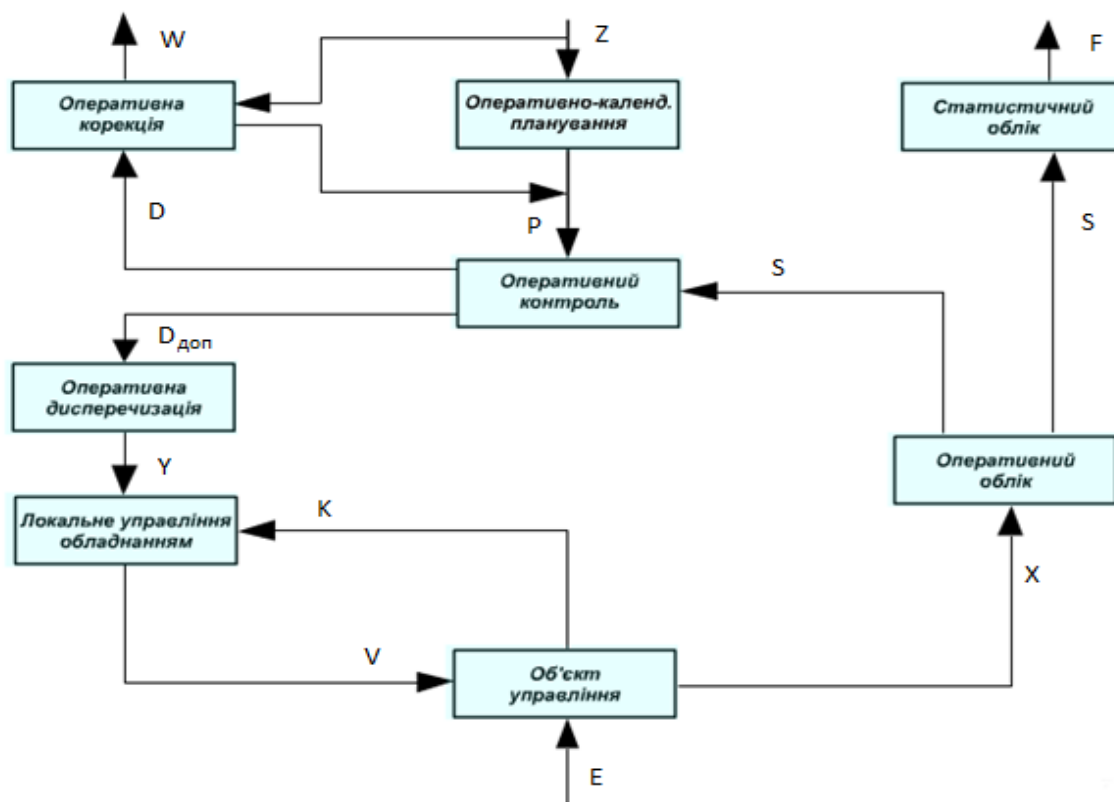
- Управління обладнанням;
- Локальне управління.



Задача 2

- Сформувати визначення системи динамічного керування як основної підсистеми СОУ при керуванні в реальному часі.

Структура системи оперативного управління ГВС

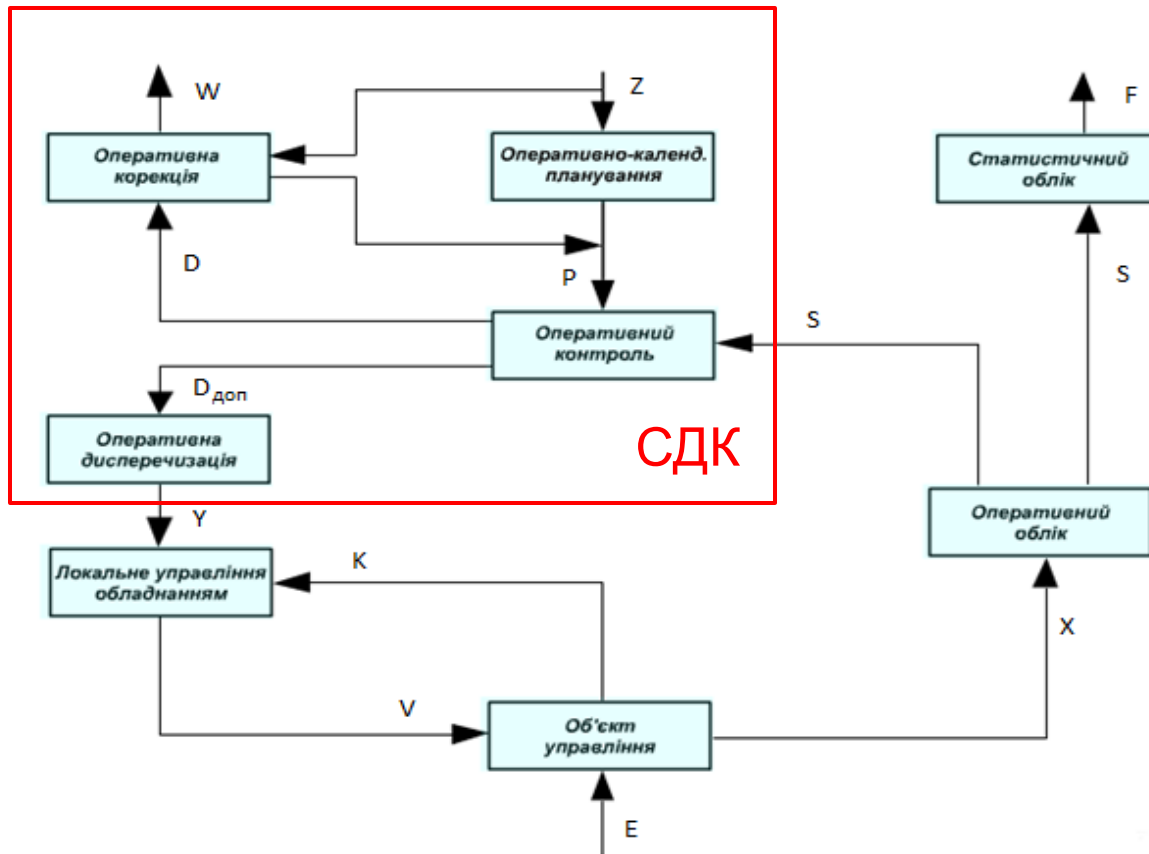


- Z – виробниче завдання;
- P – календарний план;
- S – стан усього комплексу устаткування;
- E – збуджуючий вплив;
- D – відхилення від планових термінів завершення технологічних операцій;
- $D_{\text{доп}}$ – локальні резерви часу виконання технологічних операцій;
- Y – керуючі завдання;
- V – мікрокоманди на виконання елементарних операцій;
- K – сигнал зворотного зв'язку;
- X – інформація про завершення виконання завдання Y ;
- W – оповіщення системи вищого рівня про неможливість виконання поточного планового завдання;
- F – інформація про незавершене виробництво і стан усього комплексу устаткування.

Система динамічного керування ГВС

- підсистема *системи оперативного управління* (СОУ), що відповідно до обраного підходу реалізує спланований розклад роботи технологічного устаткування в умовах динамічного виробничого середовища (за наявності невизначених подій в реальному часі).

СДК у структурі СОУ ГВС



- Z – виробниче завдання;
- P – календарний план;
- S – стан усього комплексу устаткування;
- E – збуджуючий вплив;
- D – відхилення від планових термінів завершення технологічних операцій;
- $D_{\text{доп}}$ – локальні резерви часу виконання технологічних операцій;
- Y – керуючі завдання;
- V – мікрокоманди на виконання елементарних операцій;
- K – сигнал зворотного зв'язку;
- X – інформація про завершення виконання завдання Y ;
- W – оповіщення системи вищого рівня про неможливість виконання поточного планового завдання;
- F – інформація про незавершене виробництво і стан усього комплексу устаткування.

Основна мета СДК ГВС

- дотримання строків запуску-випуску деталей на технологічне обладнання відповідно до розробленого системою оперативного планування розкладу роботи за рахунок своєчасного *транспортного обслуговування* заявок, що надходять від технологічного обладнання.

Основні задачі СДК ГВС

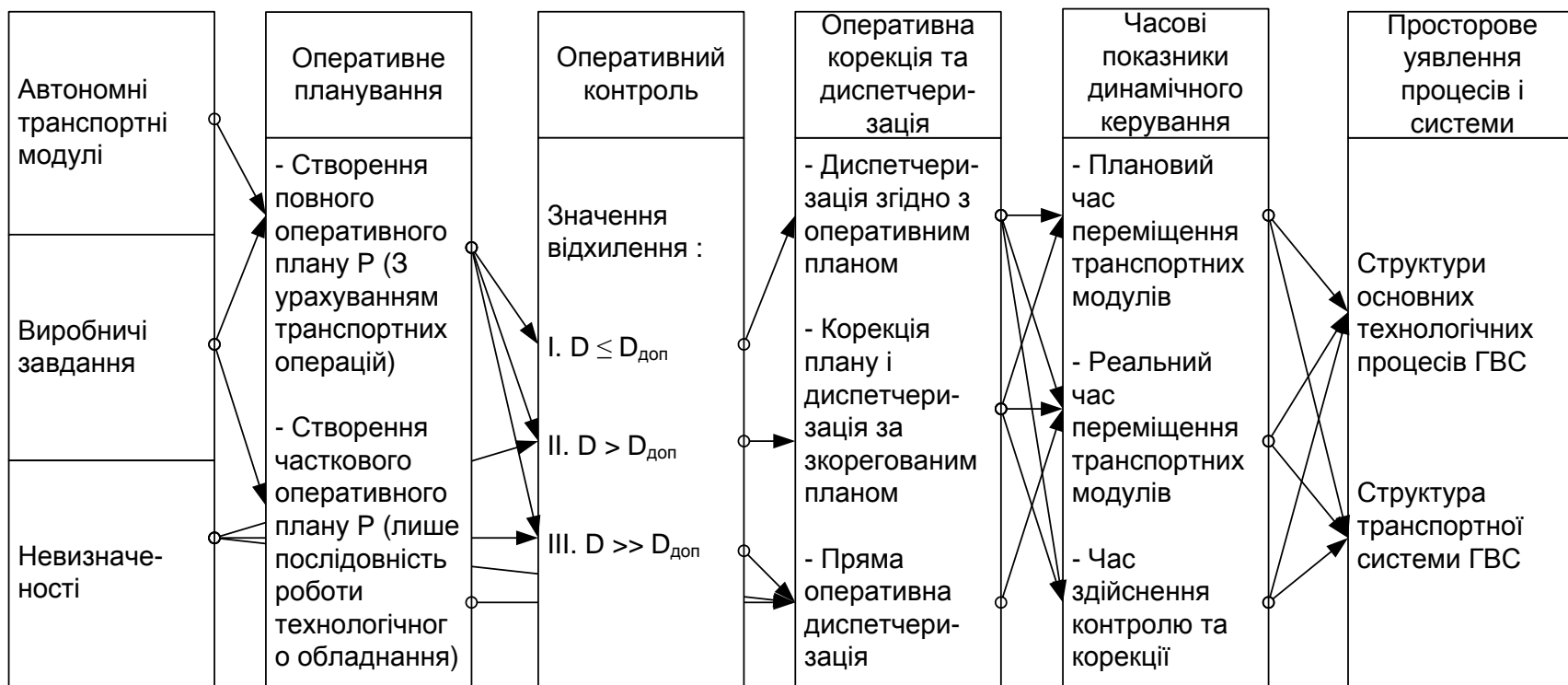
- оперативне планування;
- оперативний контроль;
- оперативна корекція;
- оперативно-диспетчерське керування.

Налаштування параметрів СДК

- *параметри оперативного планування* - визначення ступеня повноти оперативного плану, основних критеріїв його ефективності та механізмів їх досягнення.
- *параметри оперативного контролю* - визначення моменту здійснення процесу контролю та прийняття рішення про необхідність перепланування оперативної роботи виробничої системи.
- *параметри оперативної корекції* - визначення обсягу змін, що вносяться до початкового або попередньо визначеного плану.
- *параметри оперативної диспетчеризації* - диспетчеризації визначення основних алгоритмів утворення керуючого впливу.



Функціональна схема СДК



Висновки до Розділу 1



- У результаті аналізу процесу функціонування транспортної системи ГВС було досліджено типи та структури транспортних систем, зокрема класифіковано їх за такими ознаками: типи організації матеріальних потоків, прийняті технології, взаємне розташуванням виробничих та обслуговувальних зон тощо.
- Результати досліджень показали, що більшість нештатних ситуацій виникають на рівні, де керування здійснюється СОУ. Проте структура модулів СОУ та інформаційних потоків між ними є досить складною та вимагає значних зусиль для вивчення впливів можливих невизначеностей на параметри налаштування системи.
- Тому було запропоновано виділити *систему динамічного керування*, як підсистему СОУ, що включає в себе модулі, котрі беруть безпосередню участь у процесі керування виробничою системою в умовах невизначеності.
- Це дозволяє більш детально дослідити процеси функціонування модулів СДК, їх взаємодію між собою та з динамічним навколишнім середовищем, визначити параметри, що впливають на продуктивність СДК. Таке дослідження дасть змогу підвищити ефективність роботи СДК шляхом вибору оптимальних за певними обраними критеріями параметрів налаштування її модулів.



Задача 3

- Дослідити виробниче середовище щодо можливих типів невизначеностей.

Типи невизначеностей, що виникають у ГВС

Тип невизначеності	Вид невизначеності	Тип системи управління для подолання
Пов'язані з ресурсами	<i>несправність машини</i>	COY
	<i>помилка оператора</i>	COY
	<i>відсутність або несправність інструмента</i>	COY, ACAU
	<i>ліміти завантаження</i>	COY, ACAU
	<i>затримки у доставці матеріалів</i>	COY, ACAU
	<i>дефектність матеріалу ...</i>	COY
Пов'язані з операціями	<i>термінові операції</i>	COY
	<i>відміна операцій</i>	COY
	<i>зміни терміну виконання</i>	COY
	<i>невчасне надходження операцій</i>	COY
	<i>зміна пріоритету операцій</i>	COY
	<i>зміна тривалості виконання операцій ...</i>	COY



Задача 4

- Проаналізувати методи прийняття рішень в умовах невизначеності.

Застосування у дослідженні методів штучного інтелекту для прийняття рішень в умовах невизначеності (1)

- *Системи нечіткого виведення*
 - вивчення методів динамічного керування (зокрема у поєднанні з іншими методами ШІ у складі гібридних систем (п. 2.2.4);
 - вдосконалення методу динамічного керування ГВС на основі мультиагентних систем (п. 4.3).
- *Штучні нейронні сітки*
 - один із методів динамічного керування у ГВС (п. 2.2.4);
 - відтворення графа вибору значень параметрів СДК у вигляді нейросіткової моделі.

Застосування у дослідженні методів штучного інтелекту для прийняття рішень в умовах невизначеності (2)

- *Експертні системи*

- кількісне визначення вагомості реляційних зв'язків між визначальними класифікаційними ознаками реалізується експертним рейтинговим оцінюванням альтернативних варіантів з використанням методів ранжування і попарних порівнянь;

- *Мультиагентні системи*

- один з основних методів здійснення динамічного керування у ГВС (п. 2.2.4);
- реалізація автоматизованого вибору значень параметрів СДК шляхом перебору інтелектуалізованими агентами критеріїв обслуговуваності з боку ГВС (п. 3.2).



Задачі 5-6

- Створити класифікатор СДК на основі набору вирішальних класифікаційних ознак.
- Визначити логічну модель поетапного синтезу СДК.

Підхід до синтезу СДК на основі НВКО та ЛМПС

- Сформувати набір вирішальних класифікаційних ознак (НВКО) і створити класифікатор СДК.

Набір вирішальних класифікаційних ознак СДК - це їх найменша можлива сукупність *необхідна* для формалізації процесу представлення основних властивостей і вибору задовольняючих моделей СДК і *достатня* для адекватного обслуговування вимог ГВС.

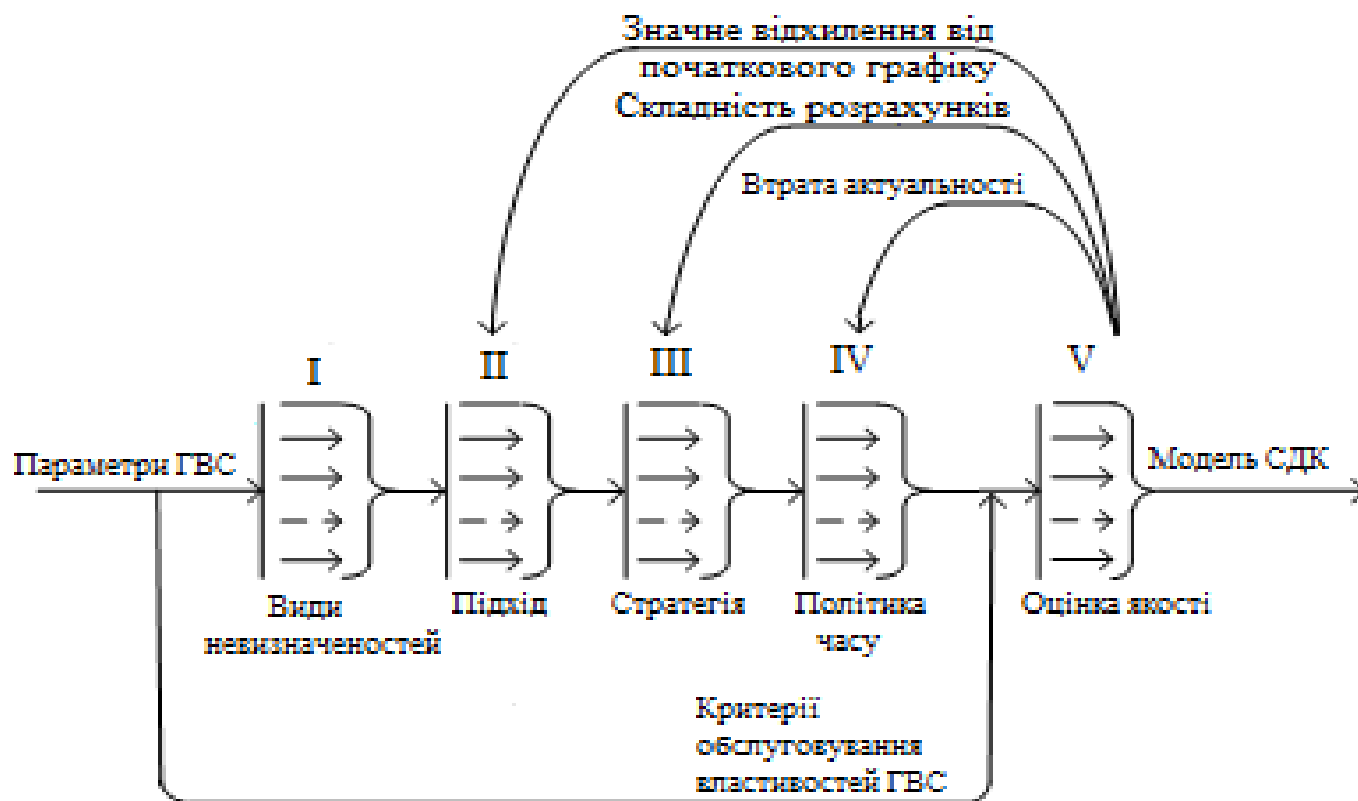
- Побудувати логічну модель поетапного синтезу (ЛМПС) моделі СДК.

Логічна модель поетапного синтезу СДК - така послідовність перебирання її властивостей в просторі НВКО, яка дозволяє виокремити модель СДК, здатну задовольнити критерії обслуговування властивостей ГВС.

НВКО вибору СДК

Класифікаційна ознака (НВКО)	Класифікація СДК
Підхід	Реактивне, прогностично-реактивне, робастне прогностично-реактивне та робастне превентивне.
Стратегія	Повне перепланування, корекція плану
Політика вибору часу	Періодична, подієва і гібридна
Метод	Правила диспетчеризації, евристики, метаевристики, ситуаційне управління, мультиагентні системи
Види невизначеностей у ГВС	Пов'язані з ресурсами, пов'язані з задачами

Логічна модель поетапного синтезу СДК



Висновки до Розділу 2



- Досліджено основні види невизначеностей, що можуть виникати у ГВС. Було визначено рівні керування, на яких виникають розглянуті невизначеності та підсистем управління, котрі покликані їх долати.
- У процесі аналізу методів прийняття рішень у ГВС в умовах невизначеності було розглянуто особливості застосування, наступних методів: нечітке логічне виведення, експертні системи, штучні нейронні сітки, інтелектуалізовано агенти та мультиагентні системи.
- Для вирішення задачі класифікації СДК на основі аналізу великої кількості досліджень та джерел було сформовано *набір вирішальних класифікаційних ознак*: тип невизначеності, підхід до планування, стратегія перепланування, політика вибору часу перепланування, метод динамічного керування, архітектура системи динамічного керування. Даний НВКО є необхідним і достатнім для вибору відповідностей між ГВС, з властивими їй умовами й обмеженнями та СДК.
- З метою зниження впливу суб'єктивних факторів, пов'язаних з рівнем компетенції оператора, що здійснює налагодження роботи системи також було вирішено задачу формування коректної послідовності вибору параметрів системи - побудовано *логічну модель поетапного синтезу* (ЛМПС) СДК.
- Визначені НВКО та ЛМПС чітко структурують процес розрахунку параметрів СДК та дозволяють у подальшому здійснити автоматизацію цього процесу, що дасть змогу уникнути суб'єктивних факторів, пов'язаних з роботою оператора.



Задача 7

- Створити узагальнену концептуальну модель СДК на основі Φ -функції.

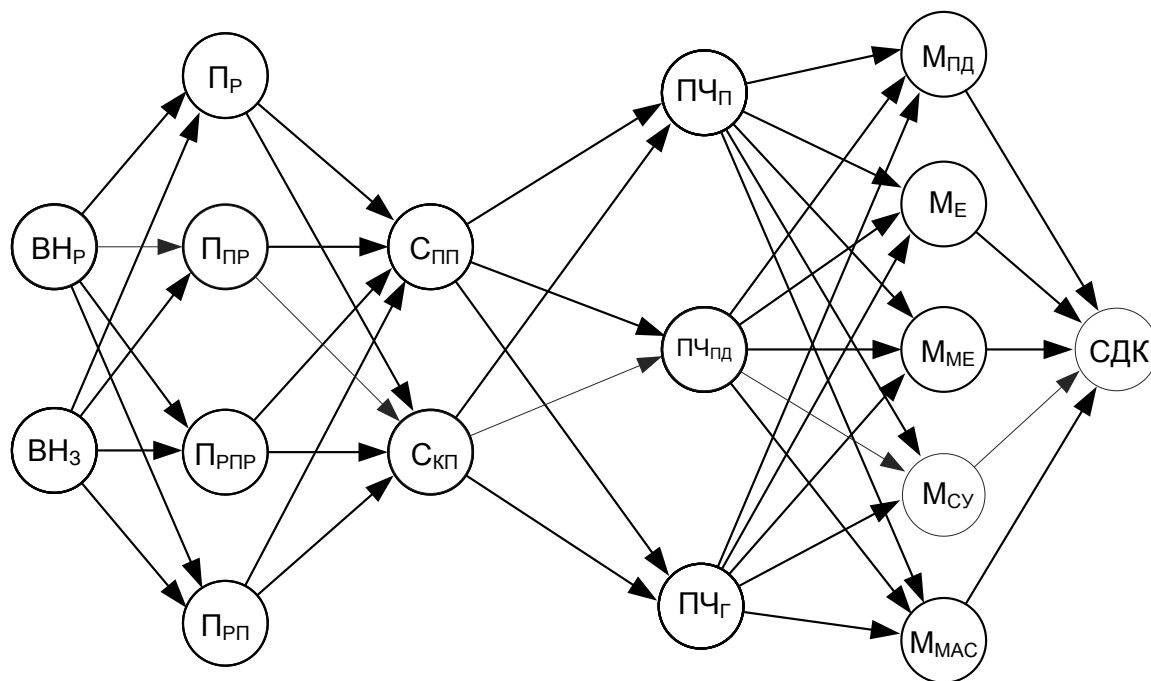
Концептуальна модель СДК

- Необхідно створити *узагальнену концептуальну модель СДК* на основі набору ітераційних процедур, що забезпечуються складом і послідовністю етапів синтезу.
- Концептуально функція СДК ($\Phi_{\text{СДК}}$ -*функція*) як *об'єкта керування* (ОК) подається декартовим добутком множин:

$$\Phi_{\text{СДК}} \subset \text{ВН} \times \text{П}_{\text{ДК}} \times \text{С}_{\text{ДК}} \times \text{ПЧ}_{\text{ДК}} \times \text{М}_{\text{ДК}}$$

- вид невизначеності (ВН),
- підхід ($\text{П}_{\text{ДК}}$),
- стратегія ($\text{С}_{\text{ДК}}$),
- політика часу ($\text{ПЧ}_{\text{ДК}}$),
- метод ($\text{М}_{\text{ДК}}$) динамічного керування.

Повний функціональний оргграф процесу синтезу СДК



- **ВН** – види невизначеностей (**Р** – пов’язані з ресурсами, **З** – з задачами);
- **П** – підходи до перепланування (**Р** – реактивний, **ПР** – прогностично-реактивний, **РПР** – робастний прогностично-реактивний, **РП** – робастний превентивний);
- **С** – стратегія перепланування (**ПП** – повне перепланування, **КП** – корекція плану);
- **ПЧ** – політика вбору часу перепланування (**П** – періодична, **ПД** – подієва, **Г** – гібридна);
- **М** – метод перепланування (**ПД** – правила диспетчеризації, **Е** – евристики, **МЕ** – мета евристики, **СУ** – ситуаційне управління, **МАС** – мультиагентні системи).



Задача 8

- Спроекувати мультиагентне середовище для автоматизованого синтезу системи динамічного керування.

Нечітка метаідентифікації у задачах вибору СДК

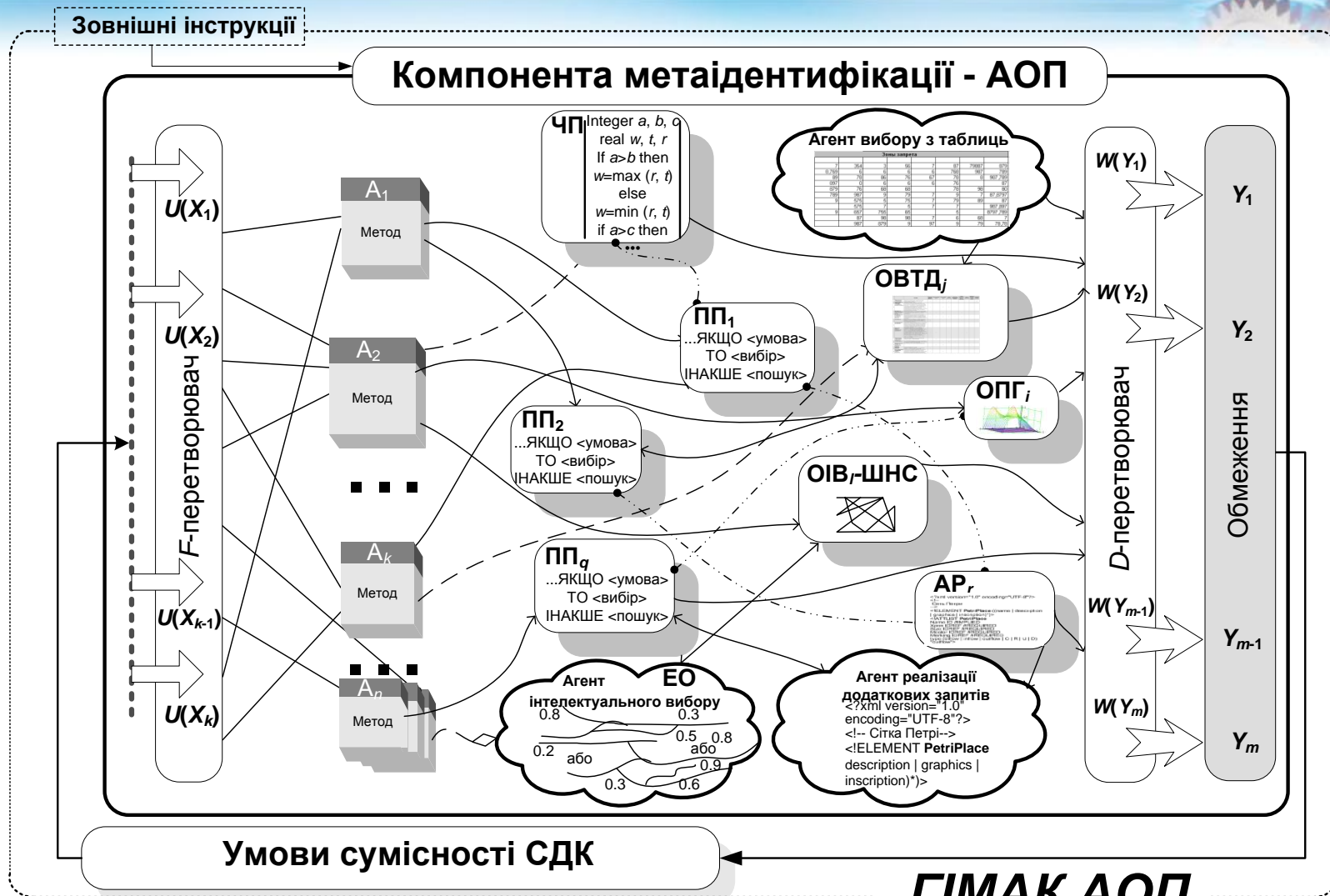
- *Метаідентифікація СДК* - це ітераційна процедура синтезу такої СДК, яка виявиться спроможною найкращим чином задовольняти умови обслуговуваної ГВС.
- Використаємо агентно-орієнтований підхід, щоб на основі створеної *віртуальної моделі* створити строгу *узагальнену модель вибору* (УМВ) СДК, що базується на *гнучких інтелектуалізованих мультиагентних конфігураціях* (ГІМАК) *агентно-орієнтованих підсистем* (АОП) для конкретних ГВС.

Гнучка інтелектуалізована мультіагентна конфігурація

- містить агенти з *функціями метаідентифікації*, які реалізують механізм розподіленого динамічного виявлення “ступеня важливості” інших агентів із всілякою природою;
- формує різні закони ідентифікації;
- забезпечує паралельність роботи агентів різнорідних “шарів”;
- реагує на зміни стану зовнішнього середовища (вихідних умов задачі) шляхом піднастроювання загального виходу у відповідності з ідентифікацією, задовольняючою поточний набір умов на вході.



Структура ГІМАК АОП



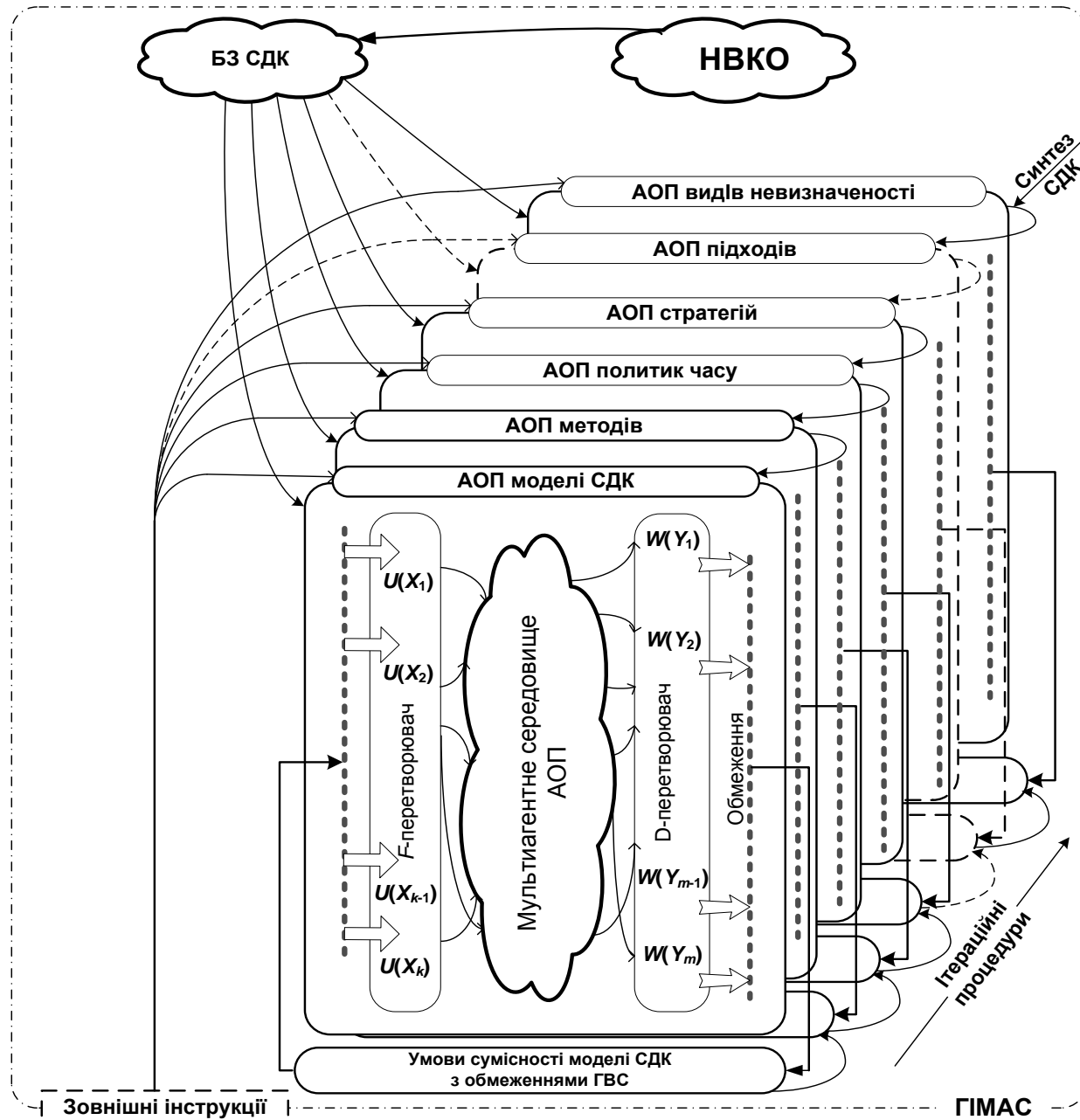
Компонентний склад АОП

- АОП формується з множини $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ зв'язаних між собою ІА.
- Фазі (F)-перетворювач (“чіткий \rightarrow нечіткий”) трансформує множину $U^{(x)} = \{U(X_1), \dots, U(X_k)\}$ значень вхідних змінних $X = \{X_1, \dots, X_k\}$, котрі відображають умови обслуговуваності ГВС у множину факторів $F^{(x)} = \{F_1^{(x)}, \dots, F_l^{(x)}\}$.
- Дефазі (D)-перетворювач (“нечіткий \rightarrow чіткий”) трансформує множину своїх вхідних факторів $F^{(y)} = \{F_1^{(y)}, \dots, F_p^{(y)}\}$ в множину $W^{(y)} = \{W(Y_1), \dots, W(Y_k)\}$ значень умов сумісності $Y = \{Y_1, \dots, Y_m\}$ пропонуваної АОП моделі СДП с заданим на вході набором властивостей ГВС.

Гнучка інтелектуалізована МАС вибору СДК

- це сукупність ГІМАК АОП, в якій реалізується *модель поетапного синтезу СДК* з такою послідовністю їх перебирання в просторі НВКО, яка, будучи виконувана користувачем і/або внутрішнім ініціюючим джерелом, відтворює принципи агентно-орієнтованого підходу та автономно дозволяє виокремити модель/моделі СДК, здатні задовольнити *критеріям обслуговування властивостей ГВС*.

Узагальнена модель ГІМАС вибору СДК





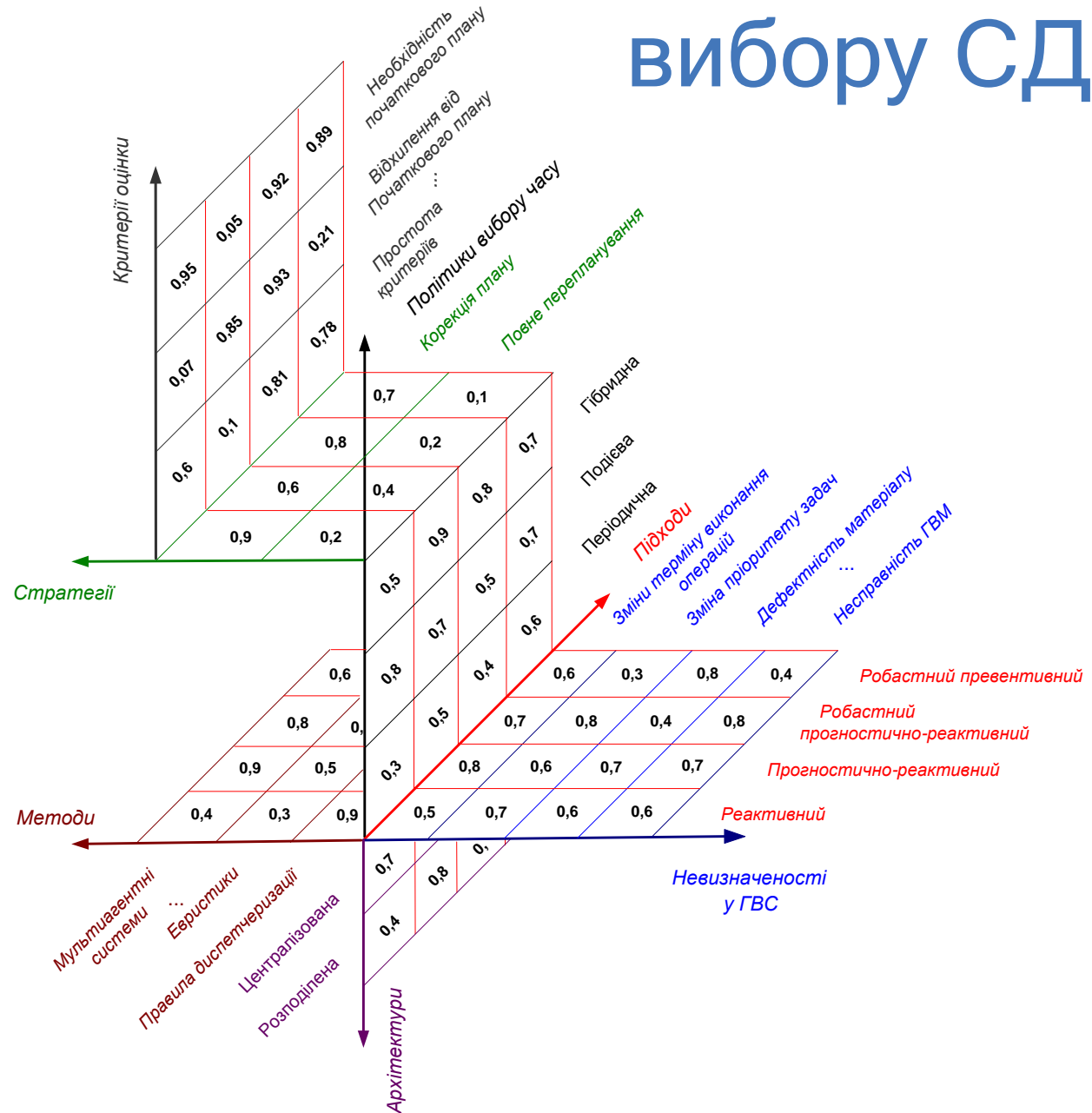
Задача 9

- Опрацювати експертні знання щодо кількісної оцінки реляційних зв'язків між класифікаційними ознаками СДК.

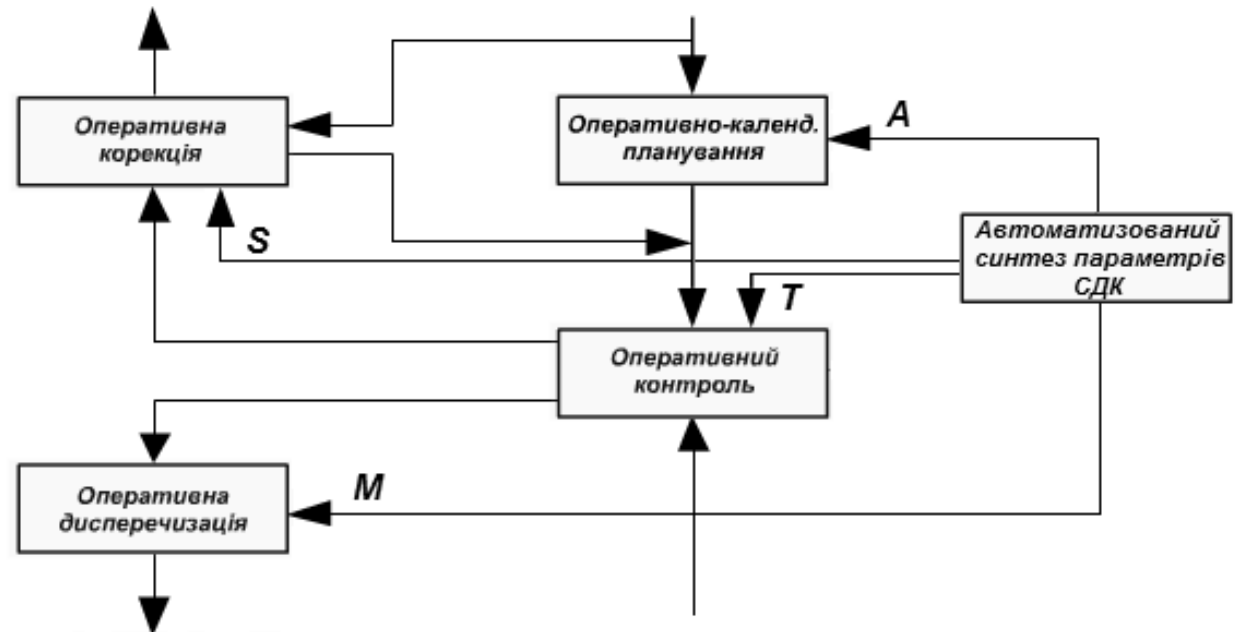
Агентно-орієнтований вибір умов “*Властивості СДК - Вимоги ГВС*”

- Заключна процедура поетапного синтезу СДК в ГІМАС зводиться до реляційного перебирання ФСІА умов виконання критеріїв обслуговуваності поточним вектором можливостей конкретної СДК вимог з боку ГВС.
- Перша складність: формування **узагальненої моделі вибору**, що заснована на реляційних відношеннях.
- *Друга складність*: кількісне визначенні **вагомості реляційних зв'язків** між класифікаційними ознаками, реалізується **експертним рейтинговим оцінюванням** альтернативних варіантів.

Інтерпретаційна модель вибору СДК



Модуль автоматизованого синтезу параметрів у СДК



- до модуля оперативно-календарного планування - підхід до динамічного планування (A);
- до модуля оперативної корекції – стратегія перепланування (S);
- до модуля оперативного контролю – політика вибору часу перепланування (T);
- до модуля диспетчеризації – метод перепланування (M).

Висновки до Розділу 3



- У ході дослідження, із використанням визначеної логічної моделі поетапного синтезу, було створено концептуальну модель СДК на основі Ф-функції, за допомогою якої установлюється відповідність множини складових процесів динамічного керування, що відбувається у просторових координатах ГВС у відповідні часові інтервали.
- Таке представлення може використовуватися як основа формалізації при здійсненні синтезу чи аналізу СДК, з метою визначення складу та закономірностей організації окремих компонентів в єдину систему, з урахуванням того, що функція останнього визначає його структуру.
- Було розроблено підхід до автоматизованого синтезу значень параметрів СДК, які здатні адекватно задовольняти властивостям та обмеженням певної ГВС, шляхом їх багатоітераційного перебирання із використанням побудованої концептуальної моделі. Для цього було необхідно створити строгу *узагальнену модель вибору СДК*, що базується на гнучких інтелектуалізованих мультиагентних конфігураціях агентно-орієнтованих підсистем для кожної властивості з НВКО.
- Запропонований автоматизований підхід значно знижує можливість впливу суб'єктивних людських факторів на даному етапі синтезу СДК, враховуючи можливу значну кількість необхідних ітерацій.
- На основі зазначеного підходу було розроблено модуль автоматизованого розрахунку параметрів та запропоновано включити його до структури СДК. Даний модуль з заданою періодичністю опрацьовуватиме отримані від виробничої системи статистичні дані про її роботу за попередній період, розраховуватиме та передаватиме необхідні параметри іншим модулям СДК, що корегуватиме їх роботу на наступний період.



Задача 10

- Створити програмне забезпечення у вигляді АРМ на основі мультиагентного середовища для синтезу СДК.

Вимоги до систем що синтезуються за допомогою АРМ



З метою підвищення універсальності та забезпечення можливості повторного використання АРМ було вирішено розробити у вигляді програмного забезпечення (ПЗ), що на основі узагальненої моделі ГІМАС практично реалізує підхід поетапного синтезу структури та параметрів не тільки СДК, а і будь-якої системи, для якої здійснені/можуть бути здійснені наступні дії:

- визначення НВКО;
- побудова ЛМПС;
- побудова концептуальної моделі.

Задачі АРМ на основі ГІМАС

1. Автоматизація процесу синтезу структури системи за заданими складовими та обмеженнями;
2. Інтелектуалізований вибір значень параметрів системи, що реалізується в рамках ГІМАС шляхом реляційного перебирання ІА умов виконання критеріїв обслуговуваності поточним вектором можливостей конкретної системи наявних вимог та обмежень.
3. Використання експертних знань, в тому числі у нечіткій формі із забезпеченням механізмів фазифікації, дефазифікації та нечіткого виведення;
4. Можливість підключення додаткових модулів для розширення функціональності системи. Наприклад, модуля введення, обробки та зберігання знань експертів на базі експертних методів ранжування та попарних порівнянь.
5. Забезпечення зручного та наочного відображення інформації кінцевому користувачу у вигляді графічного інтерфейсу.

Етапи життєвого циклу створення процесу створення АРМ

- аналіз вимог;
- проектування;
- розробка;
- тестування.

Алгоритм проектування (синтезу структури) СДК

1. додавання користувачем класифікаційних ознак синтезованої системи та наборів їх значень, що утворюють НВКО;
2. задання користувачем послідовності обробки класифікаційних ознак згідно із ЛМПС;
3. додавання користувачем додаткових обмежень, що можуть накладатися на будь-якому етапі відповідно до ЛМПС;
4. введення користувачем отриманих від експертів даних щодо кількісного визначення вагомості реляційних зв'язків між визначальними класифікаційними ознаками та обмеженнями, а також їх обробка наведеними у п. 2.1.2 методами експертного рейтингового оцінювання альтернативних варіантів.
5. автоматична генерація структури ГІМАС та ініціалізація АОП з усіма необхідними для функціонування ФСІА для кожної класифікаційної ознаки та, за наявності, кожного обмеження.
6. зберігання структури та налаштувань системи для повторного використання.

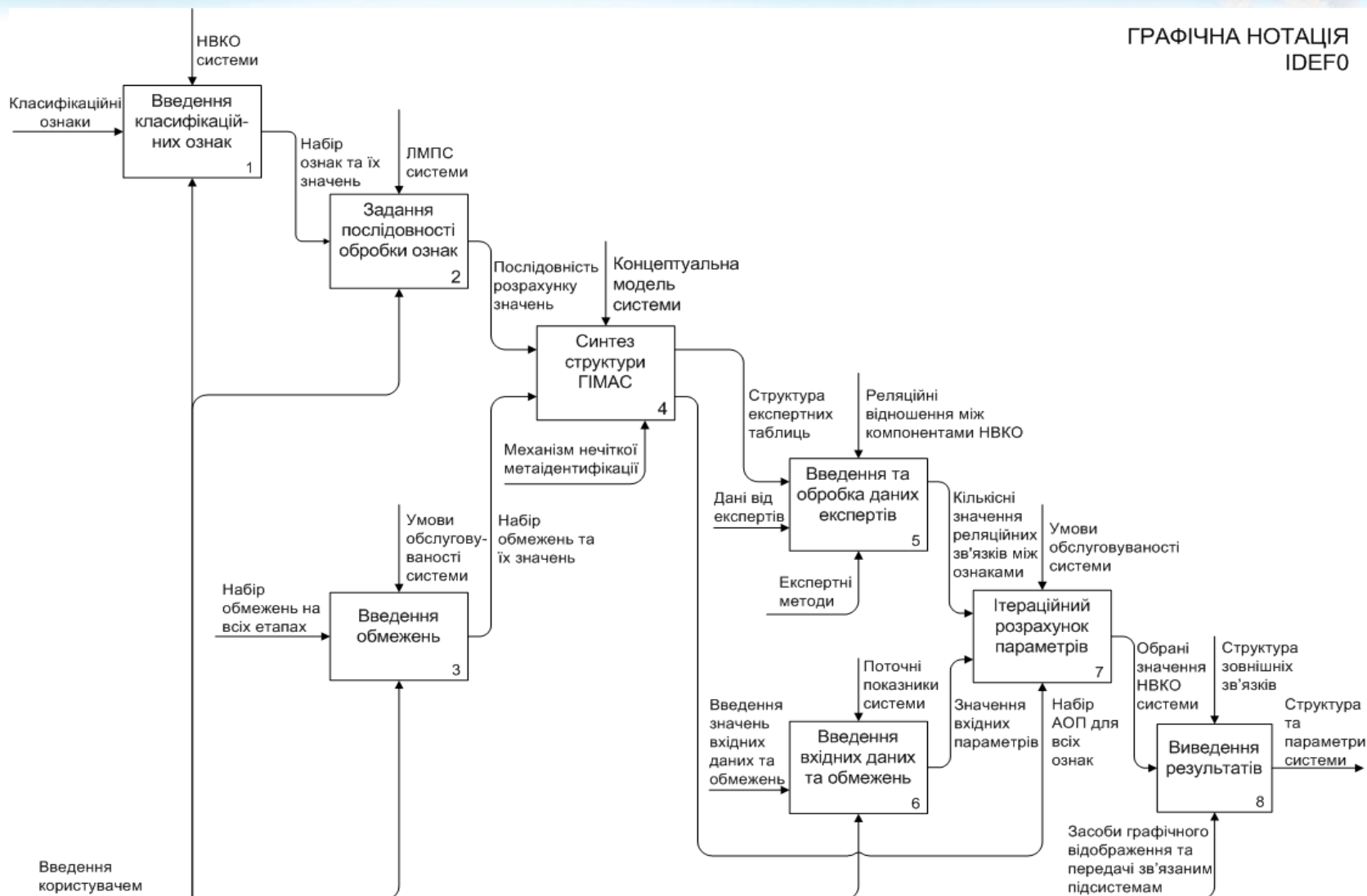
Алгоритм розрахунку параметрів СДК

1. введення користувачем або зчитування з заданої інформаційної підсистеми параметрів та обмежень, що є вхідними згідно з ЛМПС;
2. реалізація ітераційної процедури вибору значень класифікаційних ознак, що найкращим чином задовольняють вхідним параметрам та обмеженням.
3. виведення у зручній для користувача графічній формі та, за необхідності, передача до заданих інформаційних підсистем розрахованих значень системи.

Графічна нотація функціональної моделі АРМ



ГРАФІЧНА НОТАЦІЯ
IDEF0



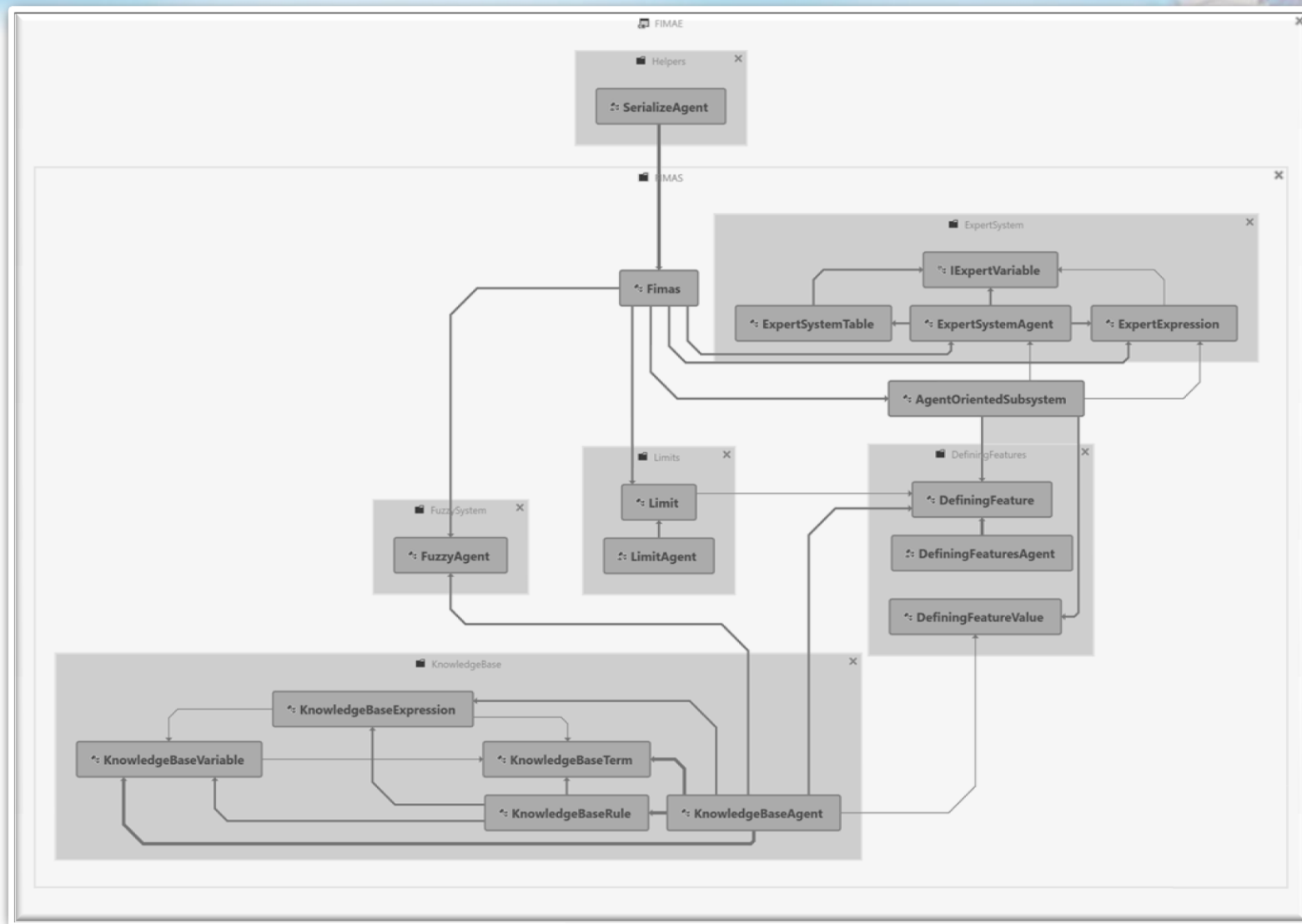
Програмне та інструментальне забезпечення АРМ

Для розробки програмного продукту було обрано:

- платформу .NET;
- мову програмування C#;
- інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio 2015.

Програмна реалізація створювалася із використанням паттерну *MVVM (Model - View - Viewmodel)*, дозволяє відокремити складову візуалізації даних від розрахункової.

Структура модулів та класів АРМ

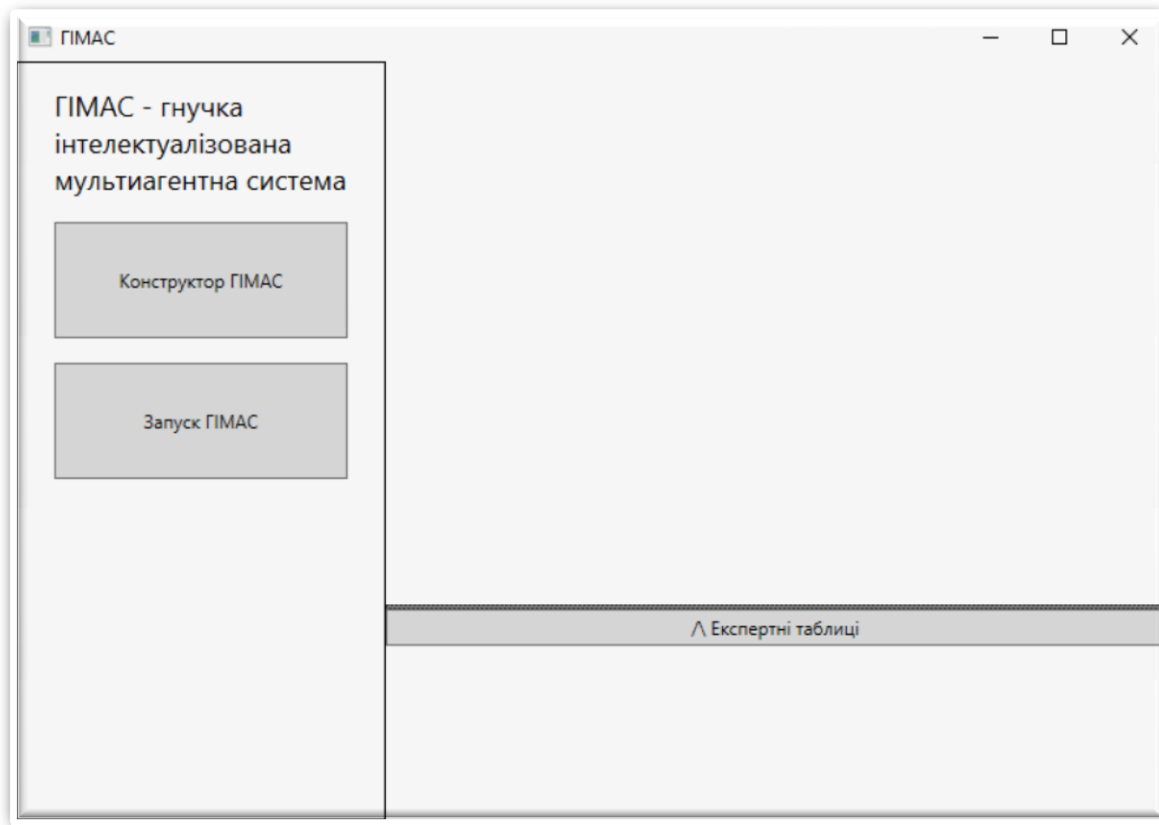


Інформаційне узгодження складових АРМ

Після введення вхідних даних у вигляді ознак з НВКО та обмежень, відбувається автоматизований синтез структури ГІМАС, що може бути збережена для повторного завантаження та використання у вигляді *XML*-документа наступного формату:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Fimas xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <AosList>
    <AgentOrientedSubsystem>
      <CurrentFeature>
        <Name>Ознака 1</Name>
        <Values>
          <string>Значення 11</string>
          ...
        </Values>
      </CurrentFeature>
    </AgentOrientedSubsystem>
    ...
  </Fimas>
```

Головне вікно АРМ



Головне вікно програми поділяється на 3 основні частини:

- панель керування зліва;
- основна інформаційна панель зправа зверху;
- панель відображення експертних таблиць зправа знизу.

Режими роботи АРМ

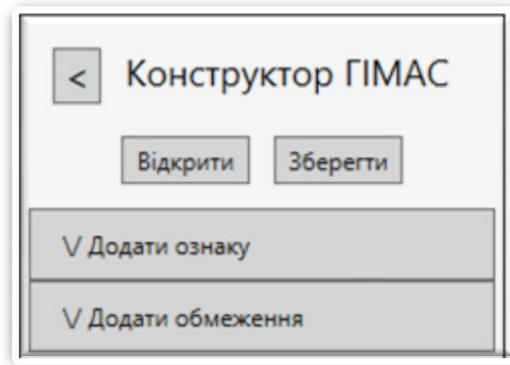
Можна виділити два основних режими функціонування АРМ:

- Налаштування;
- Функціонування.

Цим режимам відповідають кнопки на лівій панелі керування: "*Конструктор ГІМАС*" та "*Запуск ГІМАС*".

Режим налаштування (конструктора) ГІМАС

У цьому режимі змінюється зовнішній вигляд панелі керування.



Відповідні елементи керування, що з'явилися у данному режимі дозволяють виконати наступні дії:

- "*Відкрити*" - завантажити з диску збережені у наведеному вище форматі XML-документу структуру та дані ГІМАС;
- "*Зберегти*" - зберегти структуру та дані ГІМАС на диск;
- "*Додати ознаку*" - відкриває панель додавання визначальної ознаки;
- "*Додати обмеження*" - відкриває панель додавання обмеження.

Додавання ознак і обмежень до АРМ



^ Додати ознаку

Назва

Список значень

+

Додати

^ Додати обмеження

Назва

Список значень

+

Обмежувана ознака

Додати

Ознаки і обмеження мають схожий інтерфейс для додавання:

- У поле "Назва" вводиться назва ознаки або обмеження.
- Елементи до поля "Список значень" додаються шляхом введення значення до поля вводу під списком та натискання кнопки "+".
- Для обмеження необхідно додатково обрати з випадаючого списку обмежувану ознаку;
- При натисканні кнопки "Додати", обмеження додається до системи та автоматично створюються всі відповідні об'єкти ГІМАС.

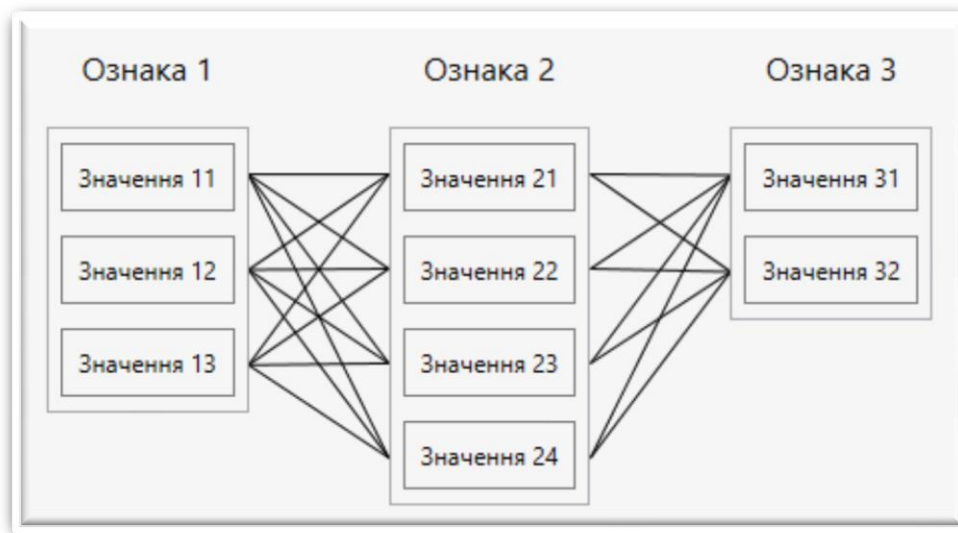
Обмеження дій користувача:

- кнопка "+" є недоступною, доки не введено значення у текстове поле зліва від неї;
- кнопка "Додати" є недоступною, доки не введена назва, не додадо до списку значень хоча б одне значення та, для обмежень, не вибрана хоча б одна обмежувана ознака.

Основна інформаційна панель АРМ

Розглянемо *основну інформаційну панель* АРМ на прикладі системи, до якої додано 3 класифікаційні ознаки.

Інформація про ГІМАС на даній панелі представлена у вигляді повного функціонального орграфу процесу вибору значень визначальних класифікаційних ознак.



Граф містить окремий блок для кожної АОП. У середині кожного блоку містяться записи зі значеннями відповідної класифікаційної ознаки. Ребра графу відображають можливі зв'язки між значеннями класифікаційних ознак.

Панель експертних таблиць АРМ

Розглянемо *панель експертних таблиць* АРМ ГІМАС на прикладі системи, до якої додано 3 класифікаційні ознаки та 2 обмеження.

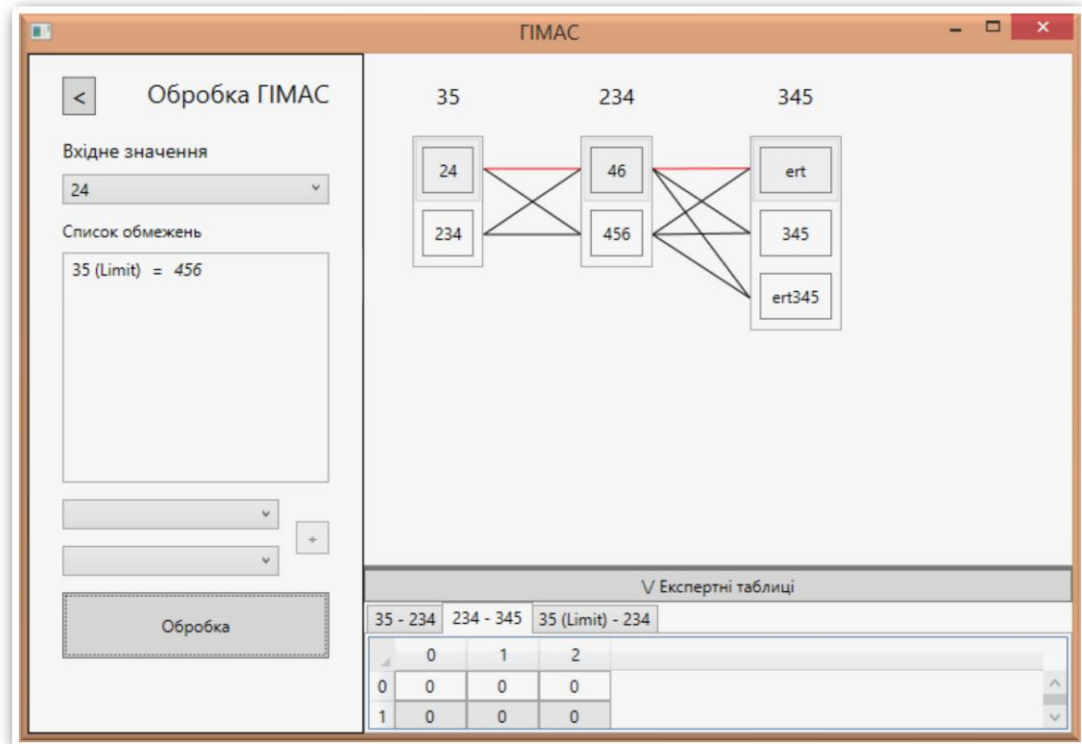
При додаванні класифікаційних ознак та обмежень АРМ автоматично генерує таблиці, що містять кількісне визначення вагомості реляційних зв'язків між класифікаційними ознаками та обмеженнями.

V Експертні таблиці					
Обмеження 1 (Limit) - Ознака 2				Обмеження 2 (Limit) - Ознака 3	
Ознака 1 - Ознака 2				Ознака 2 - Ознака 3	
	0	1	2	3	
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	

Кількісне визначення даних зв'язків виражене коефіцієнтами, що розраховується експертним рейтинговим оцінюванням альтернативних варіантів з використанням методів ранжування і попарних порівнянь.

Режим функціонування (запуску) ГІМАС

Для запуску ГІМАС необхідно задати вхідні параметри та натиснути кнопку "Обробка".



Червоною лінією позначено слід умовно-оптимальної траєкторії руху по функціональному орграфу. Вершини через які вона проходить і є обраними значеннями параметрів системи.

Налаштування АРМ для роботи з СДК

1. Необхідно додати до АРМ усі визначальні ознаки синтезу СДК згідно з НВКО. Для цього необхідно перейти у режим *Конструктора ГИАС* та натискаючи кнопку "*Додати ознаку*" заповнити необхідну інформацію про кожну класифікаційну ознаку та її можливі значення.
2. Потрібно додати обмеження, що накладаються на окремі класифікаційні ознаки з певних, характерних для СДК причин. Для цього, залишаючись у режимі *Конструктора ГИАС* та натискаючи кнопку "*Додати обмеження*" потрібно заповнити необхідну інформацію про кожне обмеження та вказати відповідну класифікаційну ознаку.
3. Необхідно заповнити експертні таблиці коефіцієнтами, що розраховується експертним рейтинговим оцінюванням альтернативних варіантів з використанням методів ранжування і попарних порівнянь (необхідно попередньо виконати розрахунок коефіцієнтів).



Висновки до Розділу 4

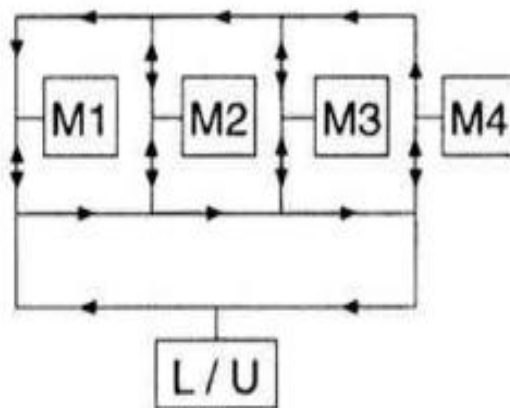


Задача 11

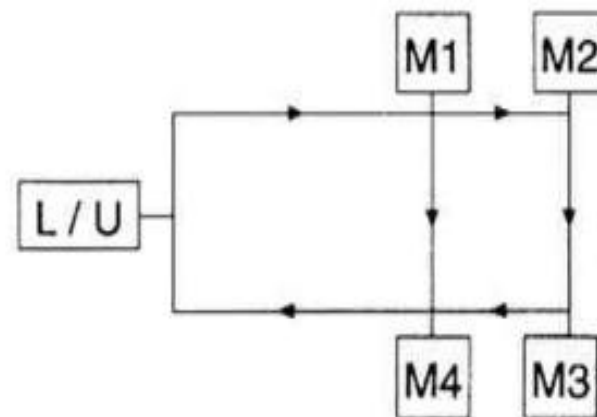
- Розрахувати за допомогою АРМ параметри СДК для ГВС, що моделюється.

Склад та структура модельованої ГВС

- Розглянемо ГВС з типовими структурно-компонувальними схемами.
 - M1 - M4 - гнучкі виробничі модулі.
 - L/U - модуль завантаження-розвантаження готової продукції на склад.



Структура 1



Структура 2

Умови та обмеження модельованої ГВС

- Для ГВС, що розглядається характерні деякі види невизначеностей:

- *Пов'язані з ресурсами* (несправність виробничих модулів).

- Матриці часу переміщень між ГВМ:

	Структура 1						Структура 2				
	L/U	M1	M2	M3	M4		L/U	M1	M2	M3	M4
L/U	0	6	8	10	12		0	4	6	8	6
M1	12	0	6	8	10		6	0	2	4	2
M2	10	6	0	6	8		8	12	0	2	4
M3	8	8	6	0	6		6	10	12	0	2
M4	6	10	8	6	0		4	8	10	12	0

Застосування АРМ для вибору параметрів СДК обраної ГВС



Для запуску ГІМАС необхідно задати вхідні параметри та натиснути кнопку "Обробка".

ГІМАС

< Обробка ГІМАС

Вхідне значення
пов'язані за ресурсами

Список обмежень

Обробка

Невизначеності

Підходи

Стратегії

Політика часу

Метод перепланування

пов'язані за ресурсами

пов'язані з задачами

реактивний

прогностично-реактивний

робастний прогностично-реактивний

робастний превентивний

повне перепланування

корекція плану

періодична

подієва

гібридна

правила диспетчеризації

евристики

метаевристики

ситуаційне управління

мультиагентні системи

В Експертні таблиці

Невизначеності - Підходи

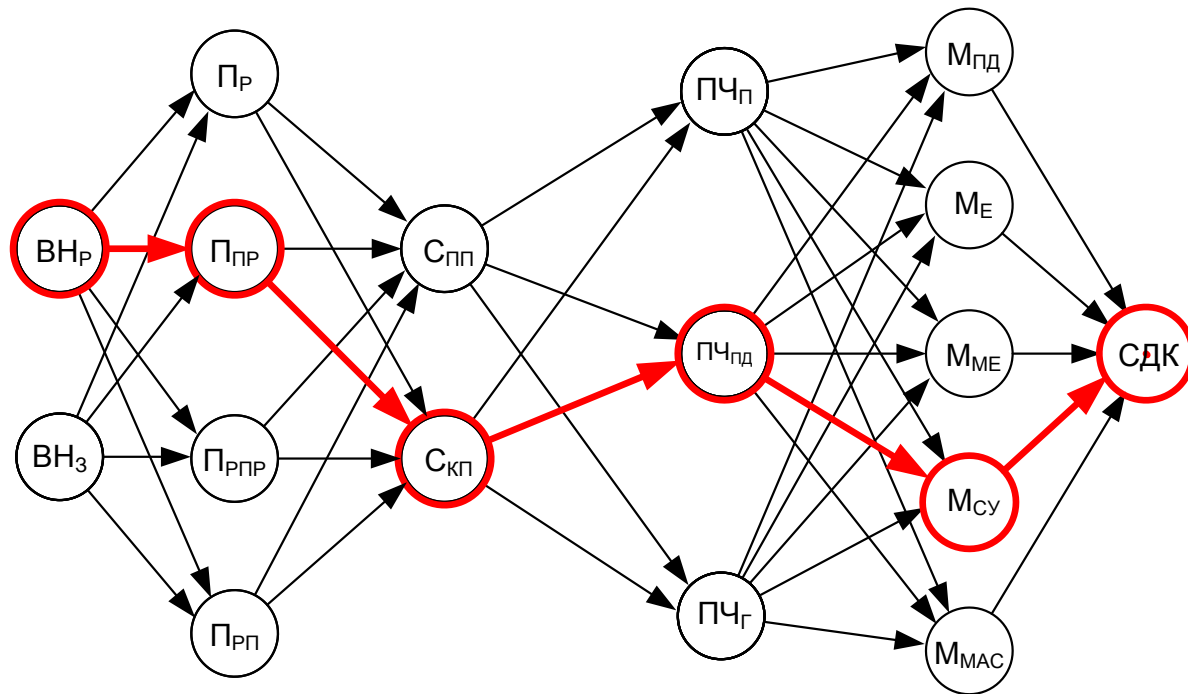
Підходи - Стратегії

Стратегії - Політика часу

Політика часу - Метод перепланування

	0	1
0	0.1	0.9
1	0.4	0.6
2	0.2	0.8
3	0.3	0.7

Умовно оптимальна траєкторія на повному функціональному орграфі процесу синтезу СДК



- **ВН** – види невизначеностей (Р – пов’язані з ресурсами, З – з задачами);
- **П** – підходи до перепланування (Р – реактивний, ПР – прогностично-реактивний, РПР – робастний прогностично-реактивний, РП – робастний превентивний);
- **С** – стратегія перепланування (ПП – повне перепланування, КП – корекція плану);
- **ПЧ** – політика вбору часу перепланування (П – періодична, ПД – подієва, Г – гібридна);
- **М** – метод перепланування (ПД – правила диспетчеризації, Е – евристики, МЕ – мета евристики, СУ – ситуаційне управління, МАС – мультиагентні системи).

Параметри СДК для обраної ГВС

- Отже у результаті роботи АРМ було обрано наступні параметри бажаної моделі СДК:

$$\text{СДК} \rightarrow tr_{\text{опт}} \text{ у м} \subset \text{ВН}_P \times \text{П}_{\text{пр}} \times \text{С}_{\text{кп}} \times \text{ПЧ}_{\text{пд}} \times \text{М}_{\text{мас}}$$

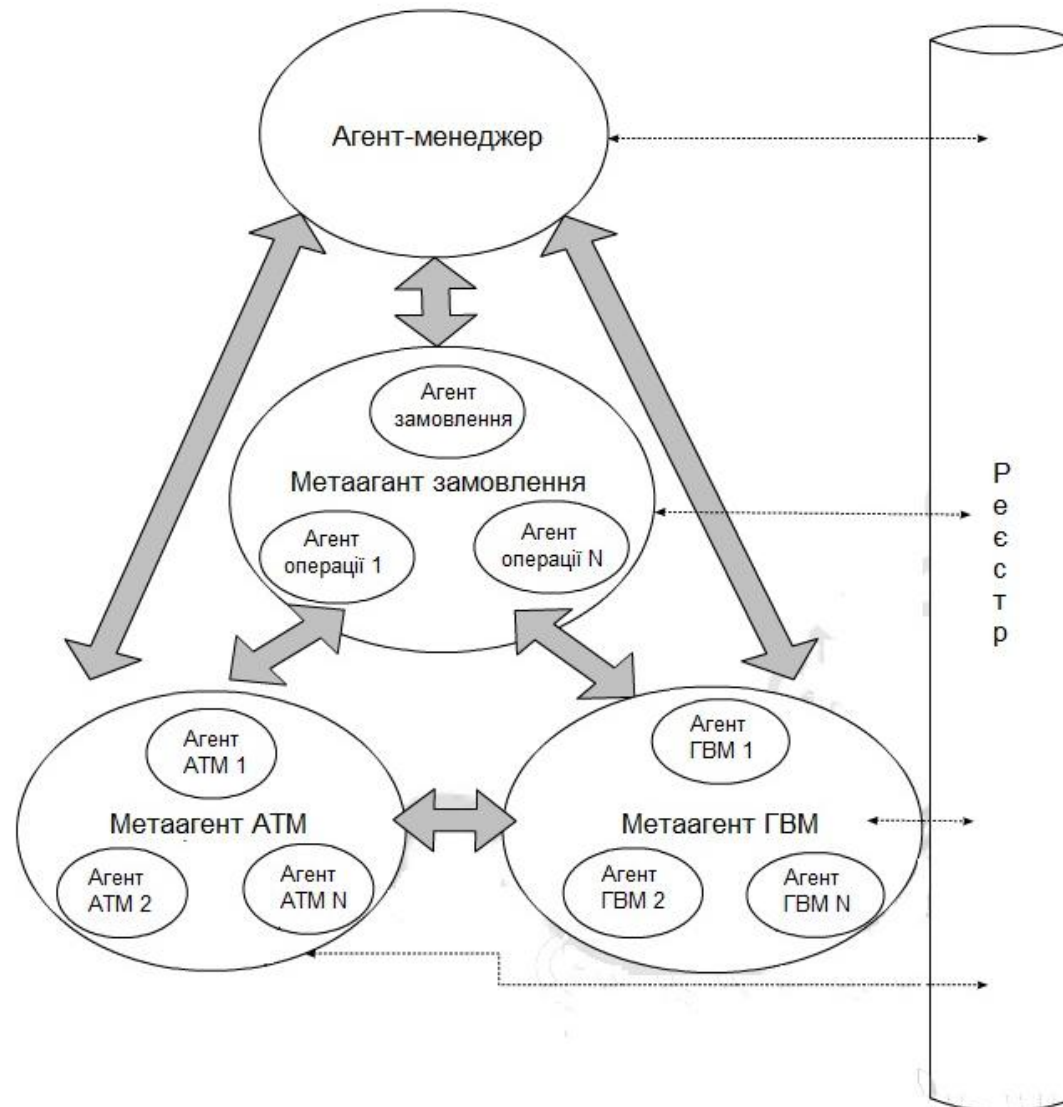
- *Вид невизначеності:* ВН_P - пов'язана з ресурсами.
- *Підхід:* $\text{П}_{\text{пр}}$ - прогностично-реактивний.
- *Стратегія:* $\text{С}_{\text{кп}}$ - корекція плану.
- *Політика вибору часу:* $\text{ПЧ}_{\text{пд}}$ - подієва.
- *Метод:* $\text{М}_{\text{мас}}$ - мультиагентні системи.



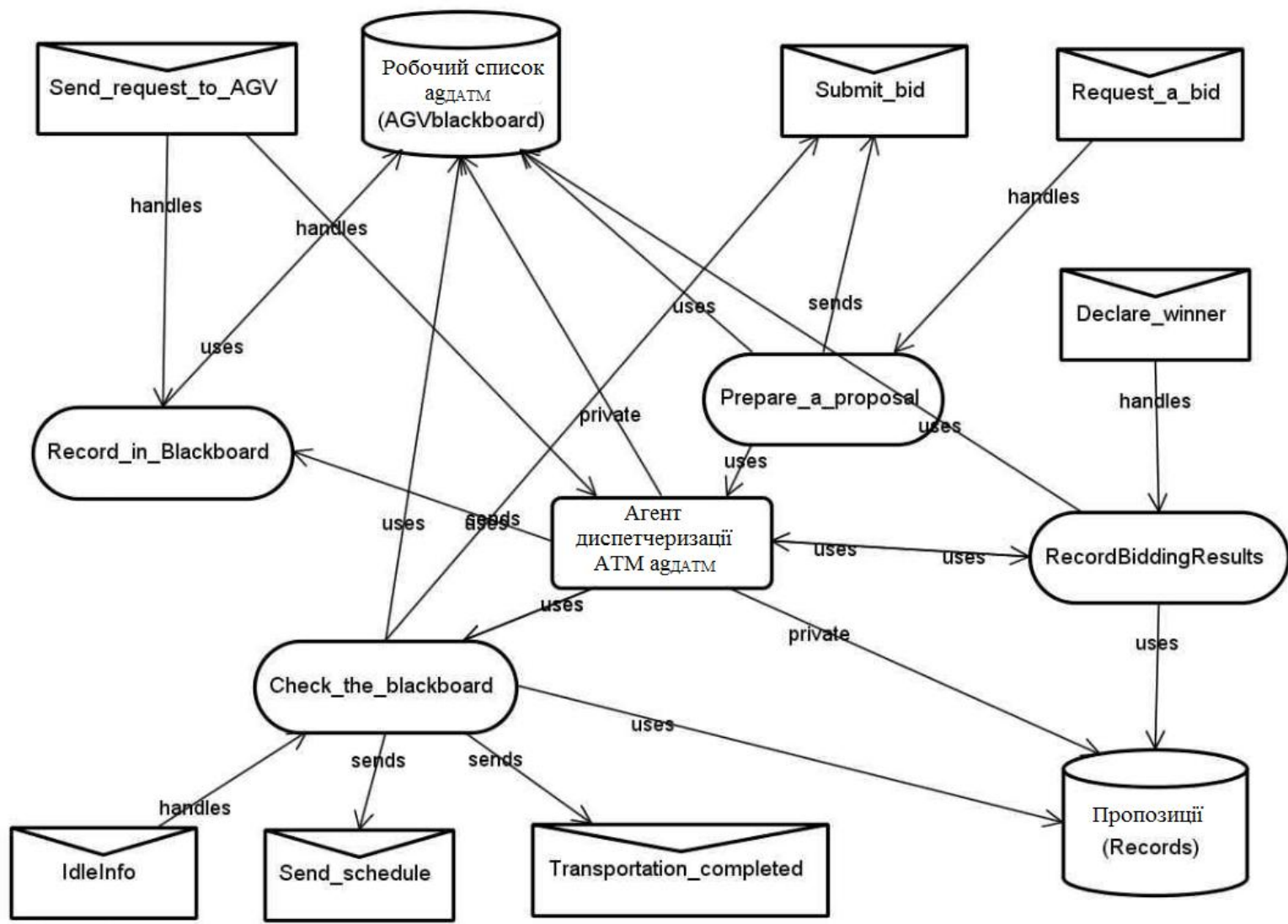
Задача 12

- Побудувати модель функціонування ГВС з методом динамічного керування на основі МАС та вдосконаленого МАС з використання СНВ.

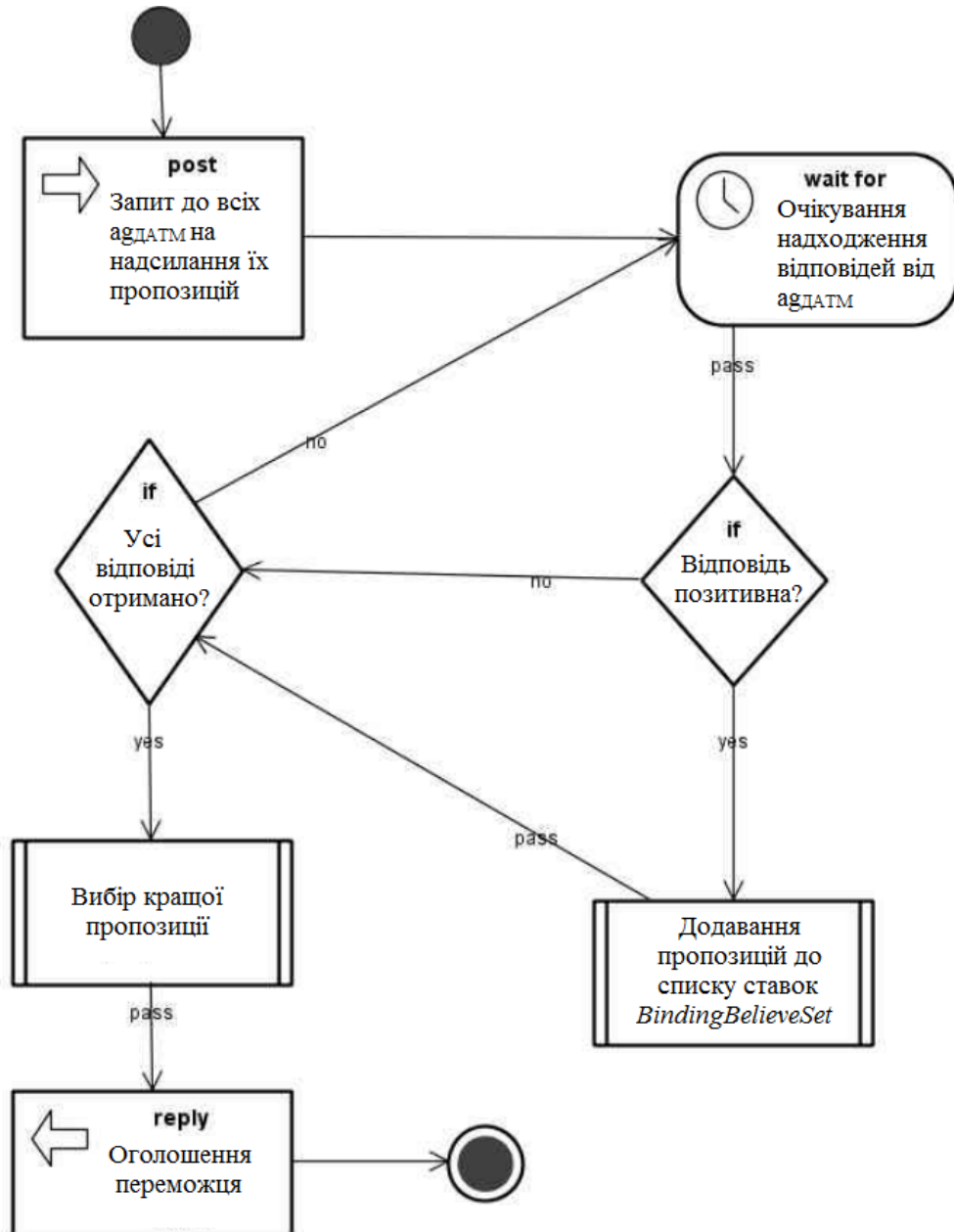
Узагальнена модель роботи ГВС з методом динамічного керування на основі СДК



Архітектура агента диспетчеризації ATM $ag_{\text{ДАТМ}}$



План “Оцінка ставок” на основі CNET



Умови вибору задачі на обслуговування на основі CNET

- Вільний АДАТМ обирає наступну задачу зі списку мінімальним часом початку (ELT_i):

$$ELT_i = \begin{cases} t + \Delta t(CL, PCP_i), \\ t > EPT_i \\ t + \max\{\Delta t(CL, PCP_i), (EPT_i - t)\}, \text{ де:} \\ t \leq EPT_i \end{cases}$$

ELT_i – найближчий час початку опрацювання задачі i ;

CL – поточне розташування АТМ;

PCP_i – розташування точки початку обробки задачі i ;

t – поточний момент часу;

$\Delta t(..., ...)$ – час переміщення між двома точками маршруту;

EPT_i – найближчий час можливого початку обробки задачі i .

Недоліки МАС на основі CNET

- висока тривалість переговорів між агентами;
- недостатнє врахування можливих невизначеностей, що мають місце у ГВС.

МАС диспетчеризації на основі СНВ

АДАТМ використовує для вибору до обробки задачі транспортування систему нечіткого виведення (СНВ).

3 вхідних змінні:

- *Відстань* ($X1 \in \{\text{Далеко, Середня, Близько}\}$)
- *Час очікування* ($X2 \in \{\text{Короткий, Середній, Довгий}\}$)
- *Частота запитів* ($X3 \in \{\text{Низька, Середня, Висока}\}$)

1 вихідна змінна:

- *Пріоритет* ($Y3 \in \{\text{Низький, Середньо низький, Середній, Середньо високий, Високий}\}$)

База нечітких правил СНВ

№	Відстань	Час очікування	Частота запитів	Пріоритет
1	Далеко	Короткий	Висока	Низький
2	Далеко	Короткий	Середня	Середньо низький
3	Далеко	Короткий	Низька	Середній
...
25	Близько	Довгий	Висока	Середній
26	Близько	Довгий	Середня	Високий
27	Близько	Довгий	Низька	Високий



Задача 13

- Провести експериментальні дослідження та порівняти за обраними критеріями оптимальності результати для ГВС з різними параметрами.

Оцінка ефективності роботи ГВС з обраною СДК

- Необхідно оцінити ефективність роботи ГВС із обраними за допомогою АРМ методом динамічного керування на основі **МАС** та іншими параметрами СДК.
- Для цього порівнюємо продуктивність роботи заданої ГВС та трьох систем з методами динамічного керування на основі широко відомих правил диспетчеризації: **MFCFS**, **STD**, **STT**.
- Критеріями продуктивності обрано **період обробки** та **середній час простою**.

Постановка експериментальних задач

Для перевірки запропонованого підходу
візьмемо 4 варіанти тестових задач з
літератури.

Приклад 1		Приклад 2	
НТО 1	M1(8); M2(16); M4(12)	НТО 1	M1(10); M4(18)
НТО 2	M1(20); M3(20); M2(18)	НТО 2	M2(10); M4(18)
НТО 3	M3(12); M4(8); M1(15)	НТО 3	M1(10); M3(20)
НТО 4	M4(24); M2(18)	НТО 4	M2(10); M3(15); M4(12);
НТО 5	M3(10); M1(15)	НТО 5	M1(10); M2(15); M4(12);
		НТО 6	M1(10); M2(15); M3(12);
Приклад 3		Приклад 4	
НТО 1	M1(16); M3(15)	НТО 1	M4(11); M1(10); M2(7)
НТО 2	M2(18); M4(15)	НТО 2	M3(12); M2(10); M4(8)
НТО 3	M1(20); M2(10)	НТО 3	M2(7); M3(10); M1(9); M3(8)
НТО 4	M3(15); M4(10)	НТО 4	M2(7); M4(8); M1(12); M2(6)
НТО 5	M1(18); M2(10); M3(15); M4(17)	НТО 5	M1(9); M2(7); M4(8); M2(10); M3(8)
		НТО 6	M2(10); M3(15); M4(8); M1(15)

Результати розв'язку експериментальних задач

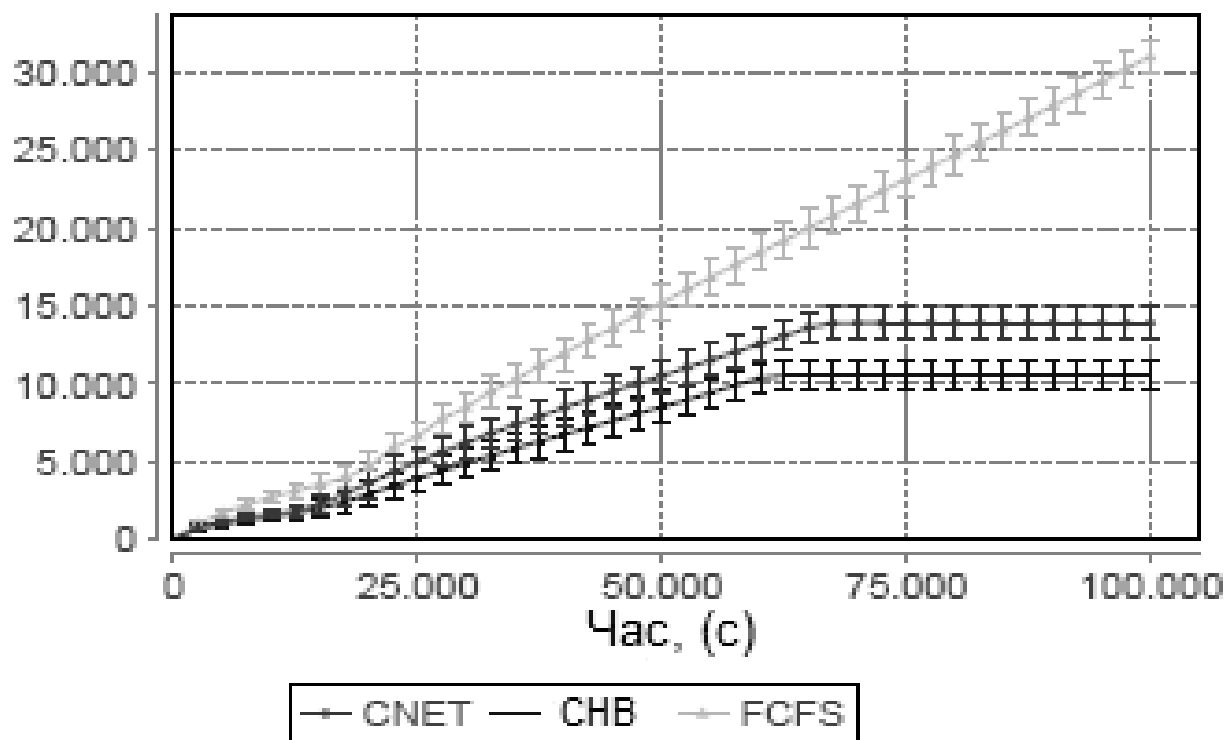
- Результати для ГВС із методом динамічного керування на основі МАС отримані шляхом імітаційного моделювання.
- Результати для ГВС із методами динамічного керування на основі обраних правил диспетчеризації для порівняння взяті із літератури.

Період обробки для різних методів у СДК

Схема ГВС	Приклад	MAS	MFCFS	STD	STT
1	1	118	121	114	132
	2	131	150	135	148
	3	130	126	126	132
	4	186	198	208	225
2	1	86	98	92	106
	2	74	106	92	102
	3	102	104	104	104
	4	117	143	139	167

Середній час простою АТМ для різних методів у СДК

Середній час простою, (с)





Висновки до Розділу 5

Висновки дослідження





Дякую за увагу!