

ПОДАННЯ ЗНАНЬ У СИСТЕМІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІНТЕГРОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Д.т.н. О.М. Цимбал¹, д.т.н. М.В. Замірець²

1. Харківський національний університет радіоелектроніки

2. Державне підприємство Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування, м.Харків

В статті розглядається розробка узагальненої моделі типізації інтегрованого виробництва, яка враховує різні способи його організації, різні складові та властивості окремих компонентів. Для опису послідовності функціонування інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень пропонується метод її організації, що передбачає подання операторних схем планування стратегій функціонування інтегрованого виробництва за допомогою фреймової моделі. Також розглянуто основні принципи концепції інтелектуальних виробничих систем.

В статье рассматривается разработка обобщенной модели типизации интегрированного производства, которая учитывает различные способы его организации, различные составляющие и свойства отдельных компонентов. Для описания последовательности функционирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений предлагается метод ее организации, который предусматривает представление операторных схем планирования стратегий функционирования интегрированного производства при помощи фреймовой модели. Также рассмотрены основные принципы концепции интеллектуальных производственных систем.

The article considers the development of generic type-dependent model for integral manufacturing, which analyses the different ways of its organization, different continuants and properties of components. To describe the order of intellectual decision-support system functioning there is proposed the organizing method, which assumes the presentation of operative schemes to plan the strategies of flexible manufacturing functioning on base of framework model. Also article considers the basics of intellectual manufacturing systems concept.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, фреймова модель, інтегроване виробництво.

Введення

Існуючі гнучкі інтегровані системи (ГІС) мають низку істотних недоліків: системи керування ГІС є надмірно централізованими; засоби моделювання роботи технологічного обладнання є застарілими або відсутніми; недостатнім є рівень автономності засобів керування та моніторингу на робочому місці; відсутні модулі аналізу технологічних завдань, прийняття рішень на окремому робочому місці за результатами моніторингу робочого простору; відсутні модулі адаптації систем прийняття рішень до локальних або глобальних змін у робочому просторі (РП), станах гнучких інтегрованих роботизованих систем (ГІРС); відсутні засоби навчання та самонавчання; відсутні розвинені модулі комунікації з іншими ГІС та ГІРС. Таким чином, рівень технічного і технологічного розвитку впроваджених ГІС є невідповідним викликам сучасного виробництва, вимагає

підвищеної уваги з боку дослідників і робить дослідження в даній галузі одними з найбільш перспективних у сучасній науці та технологіях [1].

Функціонування технологічного обладнання ГІРС в реальних умовах стикається з впливом зовнішніх чинників різного роду: статичних та рухомих об'єктів виробничого простору, людей, іншого обладнання та оснащення. При цьому суттєво підвищується роль систем прийняття рішень, які забезпечують розробку планів функціонування ГІРС на глобальному і локальних рівнях.

З цієї причини утворюється протиріччя між традиційними підходами планування рішень і вимогами працездатності виробничих систем. Шляхом його розв'язання є широке впровадження засобів інтелектуалізації у сучасні ГІС та ГІРС, в тому числі на основі створення засобів інтелектуальної підтримки прийняття рішень автоматизованих систем керування гнучкими роботизованими інтегрованими системами виробництва для забезпечення їх функціонування в умовах невизначеності робочого простору та характеру виробничих завдань. Рішення проблеми дозволить підвищити ефективність процесів керування гнучкими інтегрованими системами.

Метою запропонованої статті є розгляд моделі та методу подання знань системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень ГІРС.

Узагальнена модель типізації виробництва

Подання знань інтелектуальних компонентів автоматизованих систем керування гнучкого інтегрованого роботизованого виробництва має, перш за все, орієнтуватися на тип організації такого виробництва. Від типу організації залежатиме вибір автоматизованого технологічного обладнання і засобів керування ним.

Розглянемо узагальнену модель подання виробництва. Нехай, будь-який тип виробництва M є кортеж:

$$M_i \langle V_i, E_i, LM_i, Q_i, Ws_i, Fl_i \rangle, i = 1, 2, 3.$$

де V_i – об'єм випуску продукції, E_i – наявне технологічне обладнання та оснащення, LM_i – рівень ручної праці, Q_i – рівень кваліфікації робітників, Ws_i – рівень організації робочого простору, Fl_i – рівень гнучкості виробництва.

Для одиничного (проектного) опис типу виробництва деталізується наступним чином:

$$M_1 \langle V_1, E_1, LM_1, Q_1, Ws_1, Fl_1 \rangle, E_1 \langle PrC_1, NC_1, SE_1 \rangle$$

де множина технологічного обладнання E_1 складається з оброблювальних центрів PrC_1 , верстатів з ЧПК NC_1 та спеціалізованого обладнання SE_1 , зазвичай не пов'язаних спільними засобами транспортного виробничого забезпечення.

Для серійного типу виробництва та його різновидів (дрібно-, середньо- та великосерійного) запишемо аналогічний кортеж M_2 :

$$M_2 \langle V_2, E_2, LM_2, Q_2, Ws_2, Fl_2 \rangle,$$

$$E_2 \langle PrC_2, NC_2, FIS_2 \rangle,$$

$$FIS_2 \langle PrC_2, NC_2, IR_2, TR_2, IIA_2 \rangle.$$

На відміну від одиничного типу виробництва для серійного виробництва M_2 у E_2 додаємо FIS – гнучку інтегровану систему (системи), що характеризує сучасний рівень розвитку виробничих систем.

У свою чергу FIS_2 складається з окремих оброблювальних центрів PrC_1 , верстатів з ЧПК NC_2 , що обслуговуються промисловими роботами IR_2 , пов'язуються спільними засобами транспортного виробничого забезпечення, в тому числі у вигляді транспортних роботів IR_2 . Моніторинг функціонування FIS_2 пропонується забезпечувати за допомогою інтелектуальних транспортно-складальних роботів IIA_2 , які виконуватимуть функції інтелектуальних виробничих агентів.

Масове виробництво опишемо кортежем M_3 :

$$M_3 \langle V_3, E_3, LM_3, Q_3, Ws_3, Fl_3 \rangle,$$

$$E_3 \langle PrC_3, NC_3, FIS_3 \rangle,$$

$$FIS_3 \langle PrC_3, NC_3, IR_3, TR_3, FIS_3 \rangle.$$

Відмінністю M_3 є більший рівень автоматизації виконуваних робіт, що забезпечується великою кількістю обладнання E_3 , яке, в основному не потребує присутності інтелектуальних виробничих агентів, проте містить вбудовані гнучкі інтегровані системи (показано наявністю рекурсивного члена FIS_3).

Вказані типи виробництва різняться своїми властивостями:

$$V_1 \ll V_2 \ll V_3, Fl_1 > Fl_2 > Fl_3,$$

$$Ws_1 < Ws_2 < Ws_3, Q_1 > Q_2 > Q_3,$$

$$N(E_1) < N(E_2) < N(E_3).$$

Крім того, для опису різних типів виробництв пропонується ввести комплексний показник гнучкості виробництва, залежний від об'єму випуску, кількості обладнання, рівнів кваліфікації робітників та організації робочого простору:

$$Fl = Fl_i(V_i, N(E_i), Q_i, Ws_i).$$

Таким чином, запропонована модель типів виробництв та їх основних характеристик дозволяє підкреслити спільні і відмінні риси виробничих процесів різного способу організації, відокремлює серійне виробництво у клас, що поряд з технологічним обладнанням може використати мобільні транспортно-складальні роботи, які функціонуватимуть відповідно до концепції інтелектуальних виробничих агентів.

Метод організації інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень

Для подання даних та знань автоматизованої системи керування (АСК) ГІРС, пропонується метод

організації інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, який має оперувати з наступними множинами:

а) об'єкти робочого середовища –

$$I = \{I_0, I_1, \dots, I_n\};$$

б) операторні схеми – $SCH = \{SCH_0, \dots, SCH_k\}$;

в) мета або набір цілей – $G = \{G_0, G_1, \dots, G_i\}$.

Вказані множини є основою для роботи блоку пошуку рішень, який здійснює перевірку інформації у АСК, обирає операторні схеми і здійснює виконання маніпуляцій з об'єктами робочого простору:

$$G \times I \times SCH = D, \text{ де } D = \{D_0, D_1, \dots, D_k\} -$$

множина рішень (розв'язків);

Відповідно до обраної операторної схеми задля перевірки можливості її практичної реалізації має відбуватися перевірка рішення:

$$D \times CH = D_{checked}, \text{ де } D_{checked} - \text{перевірене рішення};$$

Після успішної перевірки рішення може здійснюватись виконання (імплементация) прийнятого рішення

$$D_{checked} \times Exec = D_{executed}.$$

У випадку зміни інформації про робоче середовище можуть змінюватися як операторні схеми розв'язання рішень (змінюється порядок використання схем або генеруються нові операторні схеми), може змінюватися мета системи, тобто у загальному випадку у випадку зміни інформації про робочий простір I має відбуватися зміна цілей G і операторних схем SCH :

$$G' \times I' \times SCH' = D',$$

де штрих позначає модифікацію цілей, інформації робочого простору та операторних схем, що призводять до зміни рішення, інакше кажучи до адаптації стратегії функціонування ГІС.

Звісно, що найбільшу цікавість має процес пошуку рішення, що в нашій схемі має вигляд:

$$G \times I \times SCH = D,$$

Нехай існують об'єкти робочого простору $Obj = \{Obj_0, \dots, Obj_a\}$ та інформація про них, задана за допомогою предикатів $I(Obj_i)$, що має чіткий та нечіткий характер $\tilde{I}(Obj_i)$, у разі непевного вмісту інформації про об'єкт, тобто $\tilde{Obj}_i(\tilde{властивість}_0, \dots, \tilde{властивість}_n)$, де властивості мають нечіткий характер.

Частина інформації про об'єкти робочого простору має важливий характер і має найвищий пріоритет, інша – не досить важлива, і до неї звертаються лише у разі, якщо важлива частина не дає змоги оцінити її у порівнянні з іншим масивом інформації. Таким чином властивість має записуватись так:

$$\tilde{властивість}_i(A \times fc_1, B \times fc_2),$$

де c_1 і c_2 – нечіткі коефіцієнти важливості і пріоритетності, відповідно.

З іншого боку, кожна властивість має своє числове або змістовне значення, наприклад:

$$\tilde{властивість}_i(\text{відстань_до_об'єкта}, 950, 0.95, 1.0),$$

де вказані, назва параметра, його значення, вірогідність та фактор важливості, відповідно.

Набір властивостей об'єкта формує його опис (фрейм). За наявності нечітких властивостей фрейм самий набуває ознак нечіткого. Однак механізм доповнення інформації про фрейм має на меті уточнення його параметрів, включно з розширенням набору параметрів та заповненням фрейму інформацією про властивості (параметри) об'єкта. Згідно ж з описаного раніше способу завдання пріоритетності параметра об'єкта, вони матимуть значення або певної пріоритетності або прийматимуться за замовчанням (низький рівень пріоритетності параметра).

Мета системи планування стратегій G має, у більшості випадків, чіткий характер. Тобто застосування чітких або нечітких цілей може призводити до появи чіткого (передбачуваного або ні), або нечіткого (передбачуваного або ні) результату.

Застосування процедури розв'язання рішення має на вході низку локальних цілей та може призводити до знаходження рішень декількох типів:

$$DM(\bar{G}_0, \tilde{G}_1, \dots, \tilde{G}_{n-1}, \bar{G}_n) = 0,$$

сукупність чітких та/або нечітких цілі не дають рішення;

$$DM(\bar{G}_0, \dots, \bar{G}_n) = \bar{D},$$

чіткі цілі дають чітке рішення;

$$DM(\bar{G}_0, \tilde{G}_1, \dots, \tilde{G}_{n-1}, \bar{G}_n) = \bar{D},$$

сукупність поставлених чітких і нечітких цілей дає чіткий результат (у разі порогового характеру результату);

$$DM(\bar{G}_0, \tilde{G}_1, \dots, \bar{G}_{n-1}, \tilde{G}_n) = \bar{D},$$

сукупність поставлених чітких і нечітких цілей дає нечітке рішення, вірогідність якого має свою оцінку.

Схема дії, або операторна схема SCH , має у більшості випадків нечіткий характер. Згідно класичних описів вона складається з таких компонентів:

- результат операторної схеми (водночас і ідентифікатор вибору);
- список передумов виконання операторної схеми;
- список викреслювань;
- список додавання.

Таким чином, операторна схема може формально записуватись так:

$$SCH_i = \{G_i, PreCond_i, Add_i, Del_i\},$$

де G_i – результат операторної схеми, виражений у отриманні цільового стану, що має чіткий або нечіткий характер (нечіткий у разі нечіткого обчислення (виконання) передумов);

$PreCond_i$ – є набором передумов, які інтелектуальна комп'ютерна система має виконати для отримання результату Rez_i , і фактично може виражатися комбінацією підцілей, що підлягають виконанню або вже виконані системою:

$$PreCond_i = \{G_{pre_0}, \dots, G_{pre_n}\}$$

Del_i і Add_i представляють списки викреслювань та додавання, відповідно.

Стосовно списків Add_i і Del_i , можливе різне тлумачення. З одного боку, вони матимуть вигляд чіткого фактичного оновлення фактів у блоці накопичення інформації, з іншого – наявність того або іншого факту в базі даних вимірюватиметься значеннями чіткості коефіцієнта, наприклад, факт наявності у точці $p1(10, 30, 31)$ об'єкта $деталь_1$, можна записати як $object(detall_1, (10, 30, 31), 1.0)$, де 1.0 – коефіцієнт визначеності дійсної наявності, а 0.0 – однозначної відсутності, а 0.3 – 30%-ну вірогідність, засновану на неповноті спостереження.

Функціонування АСК роботом передбачає наявність обмеженої (малої або великої) кількості операторних схем SCH . Обмеженість визначається фізичними, технічними або інтелектуальними можливостями робота (як і людини) до виконання ним поставлених завдань.

Зокрема, якщо перед роботом ставиться завдання G_i , серед набору операторних схем SCH має обиратися така з них (або декілька), що за своїм результатом є сумісною з поставленим завданням:

$$G_i; SCH_j = \{G_j, PreCond_j, Add_j, Del_j\};$$

$$G_i \cong G_j$$

Якщо операторна схема знайдена, для досягнення G_i виконується весь набір передумов $PreCond_i$, що передбачає розв'язання підцілей набору $\{G_{pre_0}, \dots, G_{pre_n}\}$. Вказані підцілі входять до загальної множини цілей ІКС $G = \{G_0, G_1, \dots, G_i\}$. Таким чином, послідовне розв'язання підцілей має пов'язати початковий стан АСК з цільовим.

У разі, коли мета G_i відповідає результатам декількох операторних схем, формується конфліктний набір, розв'язання якого ведеться стандартними для таких ситуацій методами. Такими, зокрема є:

- початкове призначення пріоритетів операторним схемам виходячи з апріорних оцінок їх важливості;
- вибір схем рішення із найвищими показниками частоти використання (стандартні методи розв'язання завдань);
- вибір схем рішення, що активуються (актуалізуються) схемами із найвищим пріоритетом;
- вибір операторних схем із найбільшим списком передумов;
- вибір рішення згідно часу їх актуалізації, в тому числі за часом присутності у конфліктному наборі;
- випадковий вибір, якщо основні стратегії не дають однозначного розв'язку.

Якщо операторну схему не знайдено, АСК може виявитись не в змозі виконати завдання і в загальному випадку має продукувати операторну схему, що дозволить отримати поставлену мету.

З точки зору деталізації, операторна схема може описуватись різними рівнями абстракції у залежності від потреб АСК, від вказання загального змісту усіх дій, до встановлення конкретних координат рухів суглобів маніпулятора. Таким чином, з точки реалізації система підтримки прийняття рішень (планування стратегій функціонування) на основі запропонованого методу

організації має поєднувати методи логічного і об'єктно-орієнтованого програмування, адаптуватися до змін робочого середовища ГІРС, змін набору локальних цілей та загальної мети виробничої системи [2], і, таким чином, відповідати новим концепціям організації виробничих систем, в тому числі на основі широкого використання методів штучного інтелекту.

Концепція інтелектуальних виробничих систем

Сфери використання систем штучного інтелекту постійно розширюються і сьогодні говорять не лише про використання на виробництві класичних автоматизованих технологій, але і про гнучкі інтелектуальні виробничі системи (ІВС). Усі ІВС включають частини так званого машинного інтелекту. Концепція ІВС об'єднує системи, які мають здатність підтримки прийняття рішень, отримання знань, навчання та адаптації до змін робочого середовища, взаємодії з реальним обладнанням [3].

Комп'ютеризовані системи (Computer-Aided, СА-системи) є комп'ютерними системами, що спрямовані на підтримку діяльності на усіх етапах виробництва – від розробки конструкції деталей, проектування технологічних процесів, до виробництва продукції, складання, пакування і складування та її відправки споживачам.

Моделювання, розрахунки, аналіз виробничої діяльності, розробка конструкторської та технологічної документації забезпечують конструкторський та проектний етапи підготовки виробництва, що забезпечується САД і САПР, які інтегруються в САЕВ – САПР інженерних робіт.

Наступний (другий) етап характеризується використанням різних автоматизованих комп'ютерних систем, які забезпечують процеси обробки, складання та транспортування виробів. До таких систем належать Computer-Aided Product Engineering (САРЕ), САД, САМ – системи, що інтегрують засоби комп'ютерних систем (e-mail, мультимедіа, засоби 3D-моделювання) в розподіленому в Internet мультимедійному просторі розробника. Якщо в САД-системах комп'ютери використовуються для розробки та аналізу виробів і процесів, в САМ-системах їх призначення полягає в безпосередньому керуванні і спостереженні (моніторингу) обладнанням та процесами в реальному часі (або поза ним) з метою забезпечення планування та виконання виробничих операцій

Системи СІМ (Computer-integrated manufacturing) використовуються для інтеграції різних складових автоматизованого виробництва. СІМ застосовують графічні інтерфейси з мультимедійними засобами для спостереження та керування виробничими процесами [3].

Наступним етапом розробки сучасних виробничих систем стає використання інтелектуальних систем керування виробництвом. Для кращого розуміння терміну «інтелектуальні виробничі системи» необхідно порівнювати їх з ГВС. Сьогодні автоматизованою виробничою системою є виробнича система з різними рівнями автоматизації процесів виробничого і невиробничого призначення, різними рівнями інтеграції підсистем:

- 1) технологічні (набір технологічного обладнання);
- 2) транспортні та маніпуляційні (реалізовані за допомогою промислових та маніпуляційних роботів, транспортерів);
- 3) контрольно-наглядова (включається до пристроїв, що не мають засобів спостереження за процесами).
- 4) керуюча (забезпечення керування усіма пристроями та системами).

Використання інтелектуальних виробничих систем обумовлюється ефективністю усіх підсистем, що містять дані системи. Визначення ГВМ, ГАЛ та ГВС в іноземних авторів є аналогічним до вітчизняних.

Інтелектуальна виробнича система (intelligent manufacturing system) є системою з вбудованою властивістю адаптації до непередбачуваних змін, зокрема змінам необхідного асортименту товарів, вимог ринку, технологічних змін, соціальних вимог. Однак, інтелектуальність таких систем часто розуміється як керування програмним забезпеченням і не як реалізація сучасних технологій машинного штучного інтелекту. Інтелектуальні виробничі системи містять підсистеми, подібні ГВС: технологічні, транспортні, маніпуляційні. Підсистеми мають оснащатися засобами, що надають підсистемам певний рівень інтелекту. Їх слід розглядати як вищу фазу ГВС.

До функціональних можливостей ІВС мають належати [2]:

- інтелектуальне проектування;
- інтелектуальне забезпечення технологічних операцій;
- інтелектуальне керування;
- інтелектуальне планування;
- інтелектуальна підтримка процесів.

Цілями впровадження ІВС є:

- зниження виробничих витрат;
- зниження витрат часу на виробництво;
- легка інтеграція нових процесів, підсистем та технологій, їх оновлення, забезпечення операційної взаємодії;
- зменшення виробничого браку, впливу на навколишнє середовище;
- швидка реконфігурація, адаптація до очікуваних та неочікуваних подій.

В плані автоматизації найбільшу складність мають операції складання. Визначення послідовностей захоплення, орієнтації та позиціонування деталей, що входять до збиральної системи у контейнері, є доволі простою для людини, але є досить складним для виробничих систем. Відсутність загальних засобів роботи у непорядкованому просторі в ГВС намагаються компенсувати використанням систем подачі, палет або спеціалізованих конвеєрів.

Вимоги до функціонування ІВС потребують створення її у вигляді відкритої архітектури з модульною структурою, що дозволяє використати різні методи подання знань та їх інтеграцію у виробничі системи, у процеси прийняття рішень і набуття знань.

ІВС має інтегрувати наступні методи і технології обробки знань і процесів прийняття рішень:

– штучні нейронні мережі, що є засобом штучного інтелекту, здатним моделювати складні функції, імітувати процеси навчання головного мозку людини;

– нечітка логіка — набір технологій і методів формалізації природньої мови, лінгвістичної та кількісної обробки даних;

– генетичні алгоритми та методи еволюційного моделювання, що включають алгоритми навчання, які ґрунтуються на теоретичних досягненнях еволюційної теорії, збагаченої технологіями штучного інтелекту.

Комбінація вказаних засобів, в яких знання представлені символічно, з експертною системою надають можливість створення складних комплексних програмних засобів для розв'язання завдань прийняття рішень на кожній стадії функціонування виробництва.

Структурна організація ІВС ґрунтується на правилі об'єктно-орієнтованих методів, в яких процеси моделювання інформації та процесів співпадають.

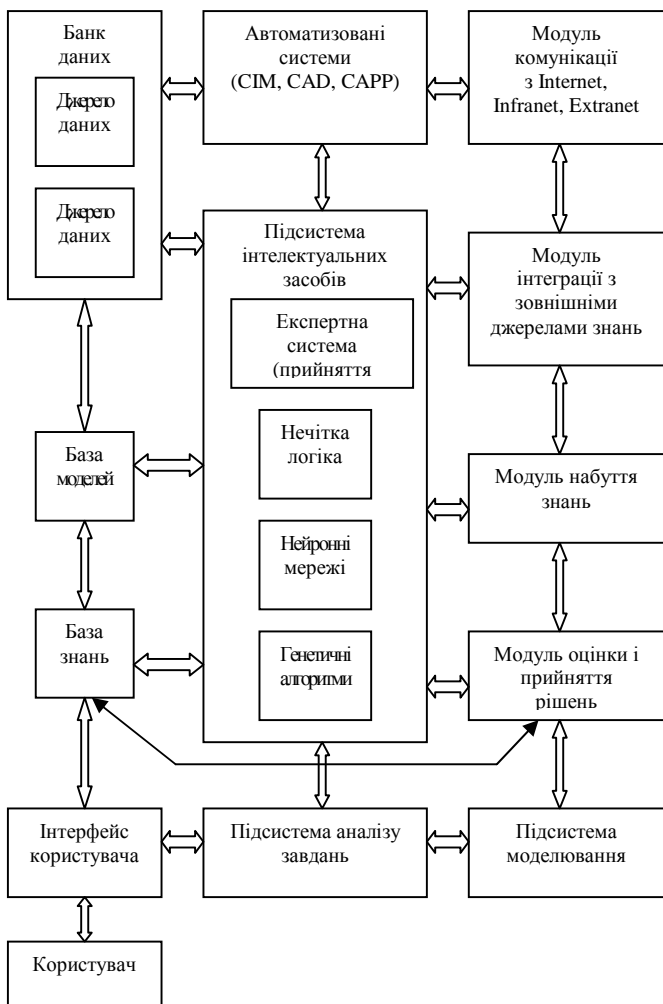


Рис. 1. Концептуальна структура ІЕС [3]

Передбачається, що процес розробки ґрунтується на концептуальному описі об'єкта. Підхід має враховувати методологію розробки і впровадження комп'ютерно-інтегрованих підприємств CISMOSA (Open System Architecture for CIM), розробленою в рамках досліджень, підтримуваних Європейським Союзом. Концептуальна структура інтелектуальної комп'ютерної системи (ІКС) представлена на рисунку 1.

Інтелектуальна комп'ютерна система керування може розглядатися як розподілена система у наступний спосіб:

$$IMS = \langle M, R(M), F(M), F(IMS) \rangle,$$

де $M = \langle Mi \rangle$ - набір формальних або логіко-лінгвістичних моделей, що представляють певні інтелектуальні функції;

$R(M)$ — функція вибору необхідних моделей (набору моделей) для певної ситуації;

$F(M) = \{F(M)i\}$ – набір функцій модифікації моделей;

$F(IMS)$ — функція модифікації ІКС та її базових елементів $M, R(M), F(M)$.

Висновки

Таким чином, сучасні тенденції розвитку виробничих систем полягають у застосуванні технічних засобів із біоподібними та людиноподібними властивостями (інтелект, досвід, пізнання) і можуть полягати у застосуванні ІКС. ІКС мають враховувати тип виробничої системи і будуватися як відкриті структури, що об'єднують існуючі інформаційні системи з підсистемами, що використовують методи штучного інтелекту для створення інтегрованого середовища розв'язання завдань інтелектуальних виробничих систем. Одночасно, слід зважувати на підвищення адаптивних та інтелектуальних засобів технологічного та обслуговуючого обладнання, зокрема промислових та транспортних роботів, що викликає необхідність удосконалення математичного, організаційного, алгоритмічного та програмного забезпечення систем прийняття рішень роботизованих систем, зокрема з точки зору подання знань систем підтримки прийняття рішень автоматизованих систем керування ГІС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Веселовська, Н.Р. Перспективи розвитку гнучких комп'ютерно-інтегрованих виробничих систем [Електронний ресурс] / Н.Р.Веселовська, В.Б.Струтинський, О.В.Зелінська // Наукові нотатки. Електронний журнал – 2009. – Вип.. 25, т. 1. Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nn/2002_2009/statti/vup25/25-1/11.pdf.
2. Цимбал, О.М. Адаптивність у прийнятті рішень роботів [Текст] / О.М. Цимбал, А.І. Бронніков // Восточно-Європейський журнал передових технологій. – 2011, № 4/4 (52). – С. 40-43.
3. Meder, B. Causal induction enables adaptive decision making [Електронний ресурс] / B. Meder, Y. Hagmayer // Proceedings of the 31th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Cognitive Science Society, 2009. – Режим доступу: http://141.14.165.6/users/meders/papers/meder_hagmayer_causal_induction_enables_adaptive_decision_making.pdf