**Нечіткий підхід до диспетчеризації ГВС**

Нечітка логіка, хоч і є математичним методом, проте оперує компактною базою лінгвістичних правил. Вона має можливість одночасно розглядати кілька критеріїв і моделювати людський досвід у вигляді простих правил. Крім того, перевага підходу системи нечіткої логіки є те, що вона включає в себе як кількісні так і лінгвістичні змінні.

У даній роботі ми застосовуємо нечітку логіку для динамічних задач теорії розкладів у гнучкому виробничому середовищі. Нечітке планування, в цій статті, призначене для вирішення проблеми вибору найкращого виробничого ресурсу для певного завдання, що є підпроблемою планування у гнучкому виробничому осередку (). Зокрема, ми покажемо, як отримати розклад за допомогою пропонованої нечіткої моделі, що наведена на рис. 1.

**Figure 1- Fuzzy model for Route selection**

**4.1 The Routing Sub-Problem**

Підпроблема маршрутизації розподіляє операції по машинам, щоб збалансувати навантаження на машинах за рахунок мінімізації найвищого рівня навантаження. Послідовності операцій і доступний час для машин не враховуються в цій моделі. Тим не менше, робота в черзі з точки зору суми часу обробки, часу обробки для кожної операції, а також часу проходження маршруту враховуються. Очікується, що це підвищить продуктивність процедури вирішення, тому що результат вирішення цієї підпроблеми встановлює умови для підпроблеми маршрутизації. З цієї причини робота в черзі визначається тут як мінімальний період часу, який вказує на машину, яка має найменшу роботу в черзі з точки зору часу обробки операцій призначених обраній машині, а не момент часу доступності машини.

**4.2 Operating Environment and Problem Definition**

Структура ГВС описувана Ro and Kim (1990) використовується як приклад у цій статті. Загальна система складається з 4 різних гнучких виробничих модулів (ГВМ) з ЧПК (з кінцевим локальним буфером ємністю 3 деталі) здатні виконувати необхідні операції на кожній деталі, станції завантаження/розвантаження та системи подачі матеріалу з 2 автономними транспортними модулями (АТМ), який може одночасно переносити одну палету. Система виробляє три різних типи частин, A, B і C, як показано в таблиці 1. Передбачається, що вона займає 3 хвилини, щоб завантажити і розвантажити частину на палету на станції завантаження / розвантаження. Час на те, щоб поставити палету або взяти її з АТМ прийнято 0,8 хвилин. Типову структуру ГВМ показано на рис. 2.

**Figure 2- Configuration of flexible manufacturing cell**

Кожнен ГВМ здатен виконувати різні операції, але жоден не може обробляти більше однієї деталі за один раз. Кожен тип деталей має кілька альтернативних маршрутів. Операції не розділяються та не перериваються після запуску. Час налаштування не залежать від послідовності завдань і може бути включений до часу обробки.

Проблема планування полягає у прийнятті рішення про те, які альтернативні маршрути повинні бути обрані для кожного типу деталей. Альтернативні маршрути, послідовність операцій, час обробки одиниці, час переміщення найкоротшим маршрутом і загальний час обробки для кожного типу деталей наведені в таблиці 1. Набір альтернативних операцій взятий з правил ARP (Alternative Routeings Planned) і ARPD (Alternative Routeings Planned and Directed Dynamically), що використовують LP модель (Ro and Kim, 1990).

**Table 1 –Processing time and alternative routes**

**4.3 The Fuzzy Based Scheduling Model**

Вибір маршруту залежить від трьох нечітких часових факторів; кількість деталей вже чекають у кожному буфері машини з точки зору суми часу обробки, скільки часу займе виконання запитуваної операції і час переміщення деталі по маршруту. Таким чином, для нашого завдання вибрані нечіткі змінні, що називаються: ***роботи в черзі***, ***час обробки*** і ***відстань***, яким відповідають змінні tijk, ti, і tij відповідно. Це вхідні змінні, що використовуються для вибору маршруту, який обраний як вихідна змінна.

**Table 2- Definition of fuzzy variable**

Нечіткі множини кожної нечіткої змінної задані наборами термів (таблиці 2). Нечіткі множини робот в черзі позначаються як SW, MW, LW і, вказуючи коротку, середню і довгу чергу робіт (work in queue). Нечіткі множини часу обробки позначаються як SP, MP і LP, вказуючи короткий, середній і довгий час обробки (processing time). Нечіткі множини відстані також позначаються як ST, MT, і LT, вказуючи короткий, середній і тривалий час переміщення (travel time). Множина значень для цих змінних [0, Max], і кожна множина покривається трьома нечіткими множинами. Функції належності для кожного нечіткої множини трикутні за винятком крайньої лівої і правої, як показано на рис.3 (а), (б) і (в) відповідно.

**Figure 3- Membership functions of fuzzy input variables; (a) Work in queue, (b) Processing time, and (c) Distance**

Також необхідно визначити іншу мовну змінну, що представляє вибір маршруту. Назвемо його ***вибір маршруту*** і позначимо змінною Rs. Припустимо, що Rs ∈ [0, 10] і нечітка змінна описується дев’ятьма термами, що зазначені у таблиці 2. Терми позначаються як MN, NL, LO, NA, AV, PA, HI, PH та MX, і означають мінімальний, негативний низький, низький, негативний середній, середній , позитивний середній, високий, позитивний високий, і максимальний рівні відповідно. Функції належності для кожної нечіткої множини трикутні.

Експерти з диспетчеризації ГВС можуть сформувати умовні нечіткі правила наступного вигляду:

Якщо ***роботи в черзі*** … і ***час обробки*** … і ***відстань*** … то ***вибір маршруту*** ….

Ці правила містять відповідні стани чотирьох лінгвістичних змінних. Так як змінні ***роботи в черзі***, ***час обробки***, і ***відстань*** мають три стани кожна, загальна кількість можливих впорядкованих пар цих станів складає двадцять сім. Для кожної з цих упорядкованих пар станів, ми повинні визначити відповідний стан змінної ***вибору маршруту***. Зручний спосіб визначення всіх необхідних правил є таблиця рішень. Вона складається з 27 (3 × 3 × 3) правил і побудована для вибору маршруту, як показано в таблиці 3.

**Table 3- Inference rules for Route selection using three inputs and one output**

Критерії вибору маршруту тепер використовуються для отримання правил нечіткого виводу, наприклад:

1. Якщо ***роботи в черзі*** SW і ***час обробки*** SP і ***відстань*** ST то ***вибір маршруту*** MX.
2. Якщо ***роботи в черзі*** SW і ***час обробки*** SP і ***відстань*** ST то ***вибір маршруту*** MX.

…

1. Якщо ***роботи в черзі*** LW і ***час обробки*** LP і ***відстань*** LT то ***вибір маршруту*** MN.

**4.4 The Experimentation and Results**

Три набори даних було подано на чіткі входи змодельованої системи диспетчеризації. Вхідні дані для кожного типу деталей, що вказують на загальний час обробки, час обробки деталі і час переміщення по маршруту, використовувані в нашому прикладі наведені в таблиці 1.

**Table 4 -The crisp output (Route selection)**

Кожен раз, коли три входи вводяться в систему як показано на рис. 1, отримується чіткий вихід. Чіткий вихід нечіткої моделі диспетчеризації розраховується з використанням системи нечіткого логічного висновку. Отриманий чіткий вихід (***вибір маршруту***), що відповідає трьом чітким входам показано в таблиці 4. Вигляд 3D поверхні оцінки вибору маршруту показано на рис. 5.

**Table 5 –Experimental Results**

Для порівняння нашої моделі з продуктивністю існуючих моделей, ця нечітка модель буде перевірена з використанням виробничих даних, які є даними моделювання. Таблиця 5 показує крефіцієнти продуктивності для евристик SD (найкоротша відстань), MWQ (мінімум робот в черзі), STP (найкоротший час обробки), ARD (динамічна альтернативна маршрутизація) і нечіткі стратегії з найбільшим значенням нечіткої міри продуктивності для еталонного виробничого циклу (100 деталей типу А, 75 – типу В і 150 – типу С (Naso and Turchiano, 1998)).

**5. Conclusions**

Результати порівняння чотирьох правил диспетчеризації і нашої нечіткої моделі для кожної міри продуктивності:

Makespan Fuzzy < ARD < MWQ < SPT << SD

Resource Utilization SD < SPT << Fuzzy < ARD < MWQ

Mean Flow Time Fuzzy < ARD < MWQ < SPT << SD

Mean Tardiness Fuzzy < SPT < ARD < MWQ << SD

Mean Queue Length Fuzzy < ARD < MWQ < SPT << SD

Результати випробувань показують, що нечітка логіка дає найкращі результати за чотирма показниками ефективності для за винятком використання ресурсів. Показано, що нечітка логіка забезпечує спосіб для вибору маршрути на основі декількох конфліктуючих критеріїв, які будуть очевидно краще, ніж звичайні правила диспетчеризації на основі окремих критеріїв.