

**ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ  
КРИСТАЛІЗАЦІЇ РОЗСИПІВ АЛЬТЕРНАТИВ  
ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ СИНТЕЗІ  
РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Особливістю синтезу роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) в гнучких виробничих комірках (ГВК) апіорі є науково-методична нечіткість щодо реалізації даного процесу. Відсутність на сьогодні єдиного наукового обґрунтування методики автоматизованого синтезу (АС) РМСТ на тлі щорічного збільшення кількості промислових роботів (ПР), що випускаються та використовуються в різних галузях машино- та приладобудування, вказує на необхідність теоретичного обґрунтування та практичної її (методики) застосування при реалізації як окремих складових АС, так і АС взагалі.

Однією із задач АС РМСТ є визначення координат опорних точок (КОТ) при технологічному обслуговуванні ПР робочих позицій (РП) ГВК, тобто при розвантаженні / завантаженні та міжагрегатному переміщенні об'єктів маніпулювання (ОМ) в затискному пристрої (ЗП) ПР. Існуючі підходи визначення КОТ не є ефективними та однозначними і фактично не мають аргументованого теоретичного обґрунтування.

В той же час існують методики визначення опорних точок траєкторії ЗП з/без ОМ в них та допустимих (можливих) за певних умов існування множин вказаних точок. Це точки, що визначаються на множині РП ГВК ( $РП_t | t = 1, T$ ,  $T$  – загальна кількість технологічних РП), а саме: т.  $C_t$  – кінцева точка затиску (ТЗт) ОМ в системі координат ОМ в ЗП ПР; т.  $D_t$  – точка зняття геометрично-проекційних зв'язків так званого технологічного роботизованого комплексу в складі (ЗППР+ОМ<sub>t</sub>) з врахуванням конструктивних особливостей пристосування  $Pr_t$  на  $РП_t$ . Вказані точки при технологічному обслуговуванні наступної за технологією  $РП_{t+1}$  позначаються відповідно  $C_{t+1}$  та  $D_{t+1}$ .

Розроблені та програмно реалізовані в ЖДТУ оригінальні методики визначення КОТ вказаного змісту орієнтовані не на знаходження оптимальних в заданому розумінні КОТ  $C_t$ ,  $D_t$ ,  $C_{t+1}$  та  $D_{t+1}$  (так званих точок локального оптимуму), а на визначенні їх допустимих (можливих, придатних) множин, тобто ( $C_t$ ), ( $D_t$ ), ( $C_{t+1}$ ) та ( $D_{t+1}$ ), кожна з яких може бути використана з тією чи іншою кінцевою ефективністю на кінцевих стадіях та рівнях АС РМСТ. При цьому враховуються конструктивні особливості ОМ,  $РП_t$ ,  $Pr_t$ , а також конструктивно-кінематичні особливості маніпуляційної системи (МС) аналізованого ПР та його ЗП. Наприклад, для ОМ типу тіл обертання визначаються допустимі (можливі) множини КОТ вздовж осі обертання аналізованого ОМ (так звані лінійні параметри сервісу - ЛПС) та орієнтація ЗП щодо осі симетрії ОМ (так звані кутові параметри сервісу - КПС) для кожної аналізованої координати ЛПС.

Аналіз широко відомих на практиці методів та принципів асоціацій та аналогій, що використовуються для активізації та використання асоціативного мислення людини при генеруванні нових ідей і пропозицій шляхом зіставлення досліджуваного явища, процесу, об'єкта з іншими більш-менш подібними, дає право стверджувати, що множини КОТ ( $C_t$ ) та ( $C_{t+1}$ ) можна інтерпретувати як ЛПС<sub>t</sub> та ЛПС<sub>t+1</sub>, та, відповідно, множини КОТ ( $D_t$ ) та ( $D_{t+1}$ ) - як КПС<sub>t</sub> та КПС<sub>t+1</sub>.

З іншої сторони в процесі еволюційної колективної адаптації методами дискримінантного аналізу формуються оцінки пристосованості певним чином отриманих альтернатив. Пристосованість альтернатив розглядається як можливість та ймовірність їх (альтернатив) використання в формованому кінцевому рішенні. Сукупність даних (інформації) про альтернативи та їх оцінки складає розсип (множину) альтернатив. Іншими словами, в процесі еволюційної колективної адаптації проводиться вичленення з множини варіантів найбільш пристосованих альтернатив, які в контексті розглядуваних задач можуть трактуватись як допустимі або можливі. Звідси назва методу оптимізації – метод кристалізації розсипу альтернатив (КРА), (анг. Crystallization of Alternatives Field – CAF).

Платформою для організації еволюційної процедури пошуку рішень є інтегральні розсипи альтернатив на базі покрокового виконання попередньо згенерованої множини можливих рішень. В процесі еволюційної колективної адаптації із отриманої множини варіантів виділяються найбільш пристосовані альтернативи, що в даному випадку є множинами можливих рішень. Кристалізація альтернаив в даному випадку виконується на множині можливих рішень, що асоціюються з розсипами (фактично множинами) альтернатив щодо ЛПС<sub>t</sub>, ЛПС<sub>t+1</sub>, КПС<sub>t</sub> та КПС<sub>t+1</sub>, які розглядаються для кожної технологічно суміжної пари, наприклад, ( $t$ -ої та  $(t+1)$ -ої), технологічних позицій ГВК.

Метод КРА є проявом так званих “природних обчислень” (Naturel Computing). В основі їх лежать так звані метаевристики.

“Класичний” метод КРА оперує з множинами рішень та реалізує еволюційну стратегію випадкового направлено пошуку кінцевих рішень. Така послідовність дій виконується при реалізації методики АС РМСТ, але кінцеві рішення приймаються повним перебором на множині попередньо сформованих розсипів альтернатив у вигляді множини КОТ. Вказані множини (ЛПС<sub>t</sub>), (ЛПС<sub>t+1</sub>), (КПС<sub>t</sub>) та (КПС<sub>t+1</sub>) для розглядуваного прикладу завантаження  $t$ -ої та розвантаження  $(t+1)$ -ої РП ГВК отримані як результат інтегральних оцінок альтернатив, що в свою чергу є результатом покрокового аналізу дискретних лінійних та залежних від них кутових параметрів положення (орієнтації) ЗП відносно ОМ із заданим кроком лінійної та кутової дискретизації та із врахуванням конструктивних та кінематичних особливостей відповідних пристосувань, МС ПР та технологічного обладнання цих робочих позицій.

При цьому формуються вказані множини пар  $(ЛПС_t)$ ,  $(ЛПС_{t+1})$  та  $(КПС_t)$ ,  $(КПС_{t+1})$ . Тобто проходить процес, що можна трактувати як такий, що асоціативно є аналогічним процесу кристалізації.

При цьому *агентами* є взаємопов'язані конкретні лінійні координати ТЗт ОМ в ЗП ПР та кутові координати (орієнтація) ЗП відносно ОМ, що визначаються за результатами розв'язування зворотних задач кінематики, а *альтернативами* – множини  $(ЛПС_t)$ ,  $(ЛПС_{t+1})$ ,  $(КПС_t)$  та  $(КПС_{t+1})$ .

В контексті аналізованої предметної області під розсипами альтернатив розуміється інформація щодо ЛПС та КПС для кожної пари суміжних РП ( $t$ -ої та  $(t+1)$ -ої) ГВК. Існуючі мультиагентні методики, включаючи КРА, передбачають опрацювання інформації щодо попередньо сформованих множин (за методом асоціацій)  $ЛПС_t$ ,  $ЛПС_{t+1}$ ,  $КПС_t$ ,  $КПС_{t+1}$  та прийняття рішень щодо сформованих результатів для їх передачі на наступні етапи АС РМСТ.

Саме такий підхід реалізовано при формуванні множин  $ЛПС_t$  та  $ЛПС_{t+1}$ , а також множин  $КПС_t$  та  $КПС_{t+1}$ , що послідовно формуються з врахуванням змістовних особливостей вирішуваних задач.

Таким чином, викладене вище дає підставу стверджувати про закладення формальних основ щодо теоретичного обґрунтування розв'язування багатьох задач АС РМСТ, включаючи задачі визначення допустимих множин опорних точок траєкторій, на множині яких (опорних точок) приймаються кінцеві рішення щодо ефективності за обраним критерієм автоматично згенерованих та проаналізованих траєкторій, з використанням мультиагентного підходу на базі відомого методу КРА з його не зовсім строгою, але все ж існуючою формальною теорією.