

Інформаційна технологія оперативного планування виробництва

ВИКОНАВ: СТ.ГР. 2КН-17М

ДОЛГАНЕВИЧ А.О

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

К.Т.Н., ПРОФЕСОР МЕСЮРА В.І.

Об'єкт, предмет та мета дослідження

- Об'єктом дослідження є процес оперативного планування виробництва дрібних партій продукції на кількох виробничих лініях, що переналагоджуються.
- Предметом дослідження є оптимізаційні моделі та методи цілочислового лінійного математичного програмування і штучного інтелекту, ефективні з точки зору розв'язання задачі оперативного планування виробництва.
- Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення показників ефективності оперативного планування дрібносерійного виробництва, а саме зменшення фінансових витрат на виконання виробничих замовлень і зменшення часових витрат на побудову оперативного плану.

Актуальність

Здатність промислових підприємств швидко адаптуватися до динамічних змін зовнішнього і внутрішнього середовища, вміння правильно і своєчасно реагувати як на негативні прояви кризових явищ, так і на нові можливості, гнучко і ефективно планувати свою діяльність, є умовою його виживання у ринкових умовах. Подібні заходи, пов'язані з підвищенням адаптивних якостей промислових підприємств, повинні спиратися на міцну наукову базу, яку може надати методологія оперативного управління в цілому і, зокрема, методологія оперативного планування виробництвом.

Актуальним є і питання побудови інноваційної інформаційної технології на основі методів штучного інтелекту, оскільки проблема планування у загальному випадку є NP-повною задачею з надзвичайно великим простором рішень, і не має алгоритму, здатного вирішити її за поліноміальний час.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Існує множина виробничих ліній $\{L\}$ виготовлення продукції з різною продуктивністю за одиницю часу і різною пристосованістю до виконання певних замовлень.

Вхідними даними для виробництва є замовлення $\{K\}$, які поступають за кілька днів до запуску у виробництво. Замовлення виконуються виробництвом послідовності партій Q_l на лінії l , що позначаються індексом q .

Перехід лінії l з виробництва продукту k' на продукт k'' потребує переналаштування лінії вартістю $c_{k',k''}$.

Планування виробництва кожної продукції здійснюється заздалегідь з метою забезпечення відповідною сировиною. Партії не повинні виготовлятися надто рано у зв'язку з обмеженим терміном зберігання продукції. Потужності для зберігання продукції обмежені, отже продукція має виготовлюватися у день відвантаження. Існують пріоритетні замовлення. Існує можливість використовувати надлишкові потужності ліній для виробництва супутньої продукції.

Необхідно мінімізувати сумарні витрати переходу на виробничих лініях від виробництва одного продукту до виробництва іншого продукту

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Науковий напрям, який займається розробкою і застосуванням методів знаходження оптимальних рішень на основі математичного, статистичного моделювання та різних евристичних підходів в різних областях людської діяльності носить назву дослідження операцій або математичних методів дослідження операцій.

Терміном «операція» позначається будь-який захід (система дій), об'єднаний єдиним задумом і спрямований на досягнення певної мети. Наприклад, у нашому випадку, операцією є побудова оперативного плану виробництва

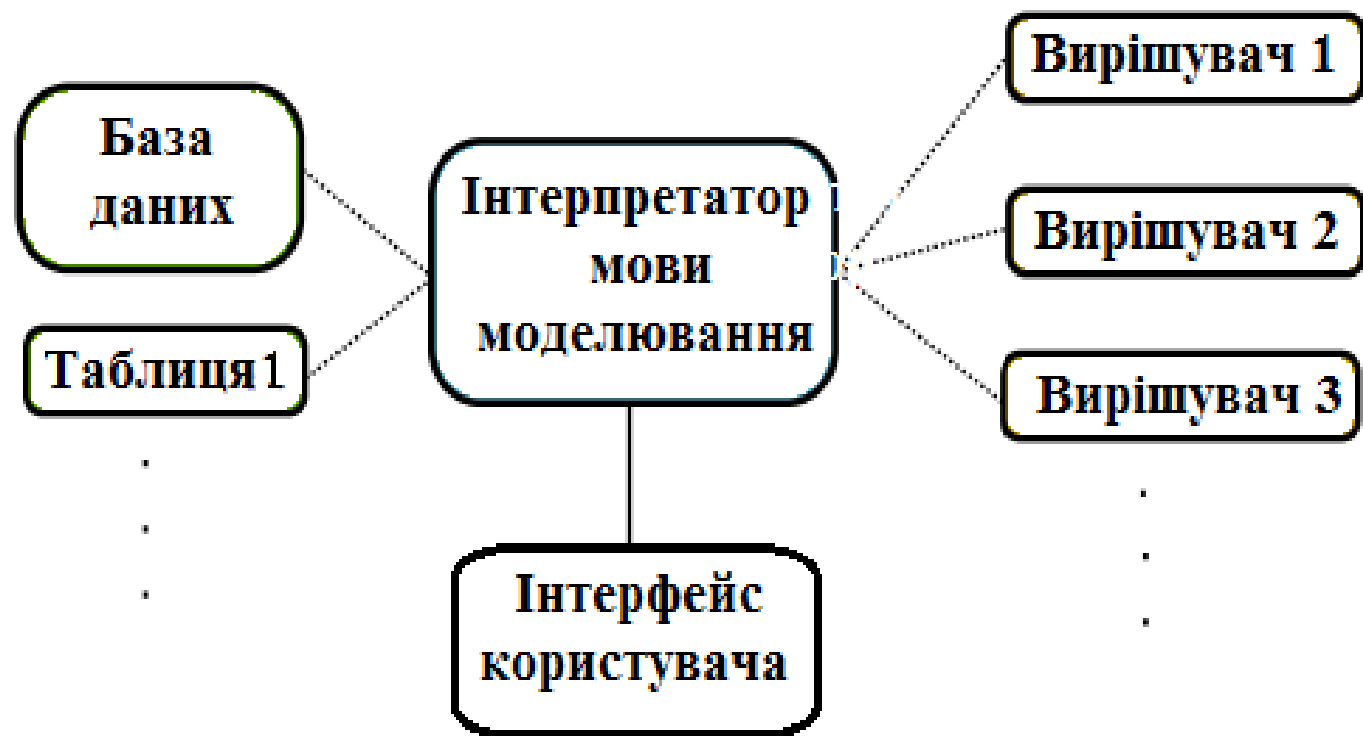
Існують різні категорії математичних програм. Окремий випадок, коли цільова функція та всі обмеження є лінійними математичними рівняннями та нерівностями, називається лінійним програмуванням. Перевагою цього випадку є існування множини швидких методів для вирішення лінійних програм, та гарантоване виявлення оптимального рішення.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ЦІЛОЧИСЛОВОГО ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

$\min V = \sum_{k' \in K, k'' \in K, l \in L, q \in Q_l} (c_{k',k''} \times J_{k',k'',l,q})$	(1)	
$Y_{k,l,q} \geq t_{k,l} X_{k,l,q} + \sum_{k \in K} Y_{k,l,q} - M(1 - X_{k,l,q}), \quad k \in K, l \in L, q \in Q_l$	(2)	
$Y_{k,l,q} \leq M X_{k,l,q}, \quad k \in K, l \in L, q \in Q_l$	(3)	
$Y_{k,l,q} \geq 0, \quad k \in K, l \in L, q \in Q_l$	(4)	
$\sum_{l \in L} \sum_{q \in Q_l} Y_{k,l,q} \leq d_k^t, \quad p \in P$	(5)	
$J_{k',k'',l,q} \geq X_{k',l,q} + X_{k'',l,q} - 1, \quad k' \in K, k'' \in K, l \in L, q \in Q_l$	(6)	
$Y_{k,l,0} = 0, \quad k \in K, l \in L$	(7)	
$\sum_{l \in L} \sum_{q \in Q_l} X_{k,l,q} = 1, \quad p \in P$	(8)	
$\sum_{p \in P} X_{k,l,q} \leq 1, \quad p \in P, q \in Q_l$	(9)	
$\sum_{p \in P} X_{k,l,q} \leq \sum_{p \in P} X_{k,l,q-1}, \quad p \in P, q \in Q_l: q > 1$	(10)	
$J_{k',k'',l,q} = 0 \text{ or } 1, \quad k' \in K, k'' \in K, l \in L, q \in Q_l$	(11)	
$X_{k,l,q} = 0 \text{ or } 1, \quad k \in K, l \in L, q \in Q_l$	(12)	

K – набір замовлень на виробництво, позначений індексом k ;
 L – множина виробничих ліній, позначених індексом l ;
 Q_l – набір послідовностей замовлень на лінії l , позначений індексом q .
 d_k^t – час закінчення виконання замовлення продукту k ;
 $c_{k',k''}$: – вартість зміни виробництва з продукту k' на продукт k'' .
 $J_{k',k'',l,q} = 1$, якщо на l здійснюється перехід у черзі q з продукту k' до k'' .

МОВИ АЛГЕБРАІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (MPL)



МОДЕЛЬ AMPL ОПТИМІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

```
param po=43;
set Productorder:= 3..po; set Line=1..3; param n=14; set Sequence=1..n;
param d{Productorder}; param c{Productorder.Productorder}; param f{Productorder.Line}; param m=n*6;
var O{Productorder.Productorder.Line.Sequence} binary; var X{Productorder.Line,0..n} binary; var
Y{Productorder.Line,0..n} >=0;
minimize costs:
sum{p1 in Productorder,p2 in Productorder,l in Line,s in Sequence}(O[p1,p2,l,s]*c[p1,p2]);
s.t. ConnectionTime{p in Productorder,l in Line,s in Sequence}:
Y[p,l,s] >= (f[p,l]*X[p,l,s]+sum{p1 in Productorder}(Y[p1,l,s-1])-m*(1-X[p,l,s]));
s.t. ConnectionTimeTwo{p in Productorder,l in Line,s in Sequence}:
Y[p,l,s] <=(m*X[p,l,s]);
s.t. Demand{p in Productorder}:
sum{s in Sequence,l in Line}Y[p,l,s] <= d[p];
s.t. ConnectionChangeover{p1 in Productorder,p2 in Productorder,l in Line,s in Sequence}: O[p1,p2,l,s] >=
(X[p1,l,s]+X[p2,l,s-1]-1);
s.t. Initialsequence{p in Productorder,l in Line}:
Y[p,l,0]=0;
s.t. Production{p in Productorder}:
sum{l in Line,s in Sequence}X[p,l,s] = 1;
s.t. Sequencing{s in Sequence,l in Line}: sum{p in Productorder}X[p,l,s] <= 1;s.t. InitialProduction{p in
Productorder,l in Line}:
X[p,l,0] = 1;
s.t. LogicalSequencing{l in Line,s in Sequence}:
sum{p in Productorder}X[p,l,s] <= sum{p in Productorder}X[p,l,s-1];
```


РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ AMPL-МОДЕЛІ

Перевага AMPL-моделювання – гарантована оптимальність знайденого розв'язку.

Недолік AMPL-моделювання – повільне виконання, можлива недосяжність розв'язку.

Мета тестування AMPL-моделі – перевірка можливості розв'язання задачі оперативного планування виробництва за допомогою «стандартного» програмного забезпечення.

Основні параметри комп'ютера: ● частота процесора – 2,80 ГГц; ● обсяг оперативної пам'яті – 1,00 ГБ.

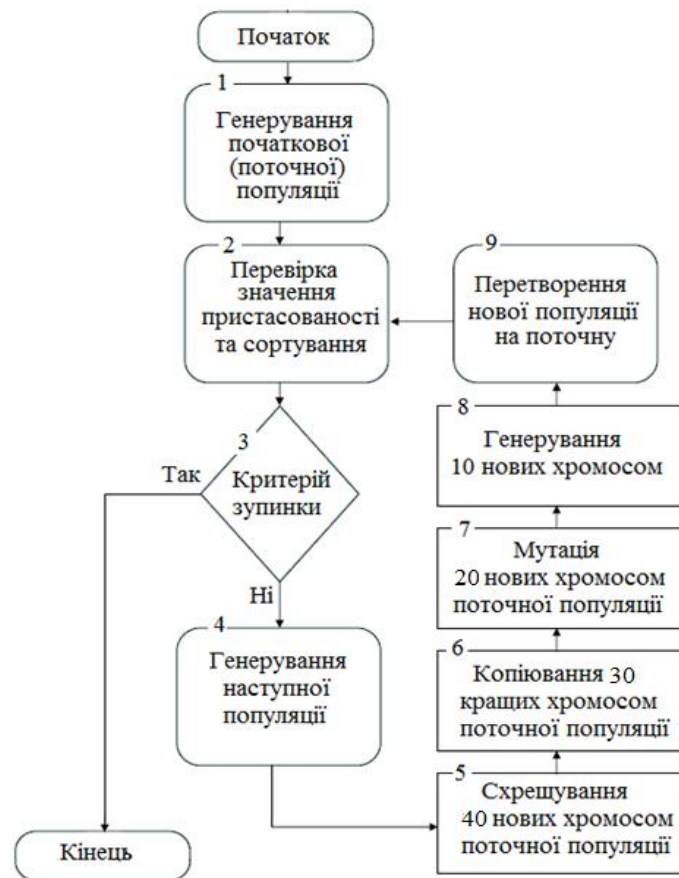
Результати тестування:

Кількість замовлень у тесті	9	40
Час виконання (хвилин)	0,5 – 3,0	1,2 - 128

Висновок: ймовірна причина значної мінливості часу розв'язання задачі полягає у тому, що оптимізаційний алгоритм з пакету програмного забезпечення CPLEX (гілок та меж, або якийсь інший) будує надто розгалужене дерево пошуку. При цьому, при одному запуску він випадково одразу вибирає найкоротшу гілку, що веде безпосередньо до розв'язку, а в іншому, стартує з невдалої гілки і вимушений здійснювати великий за обсягом перебір тупикових гілок.

Отже, час обчислень є надто мінливим і залежить від набору вхідних даних і випадкового вибору вдалої стартової точки у просторі пошуку розв'язків..

ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ



Хромосома

0	9	5	12	8	2	10	7	4	1	11	6	3
---	---	---	----	---	---	----	---	---	---	----	---	---

0-2 – ідентифікатори виробничих ліній №
3-9 – номери замовлень

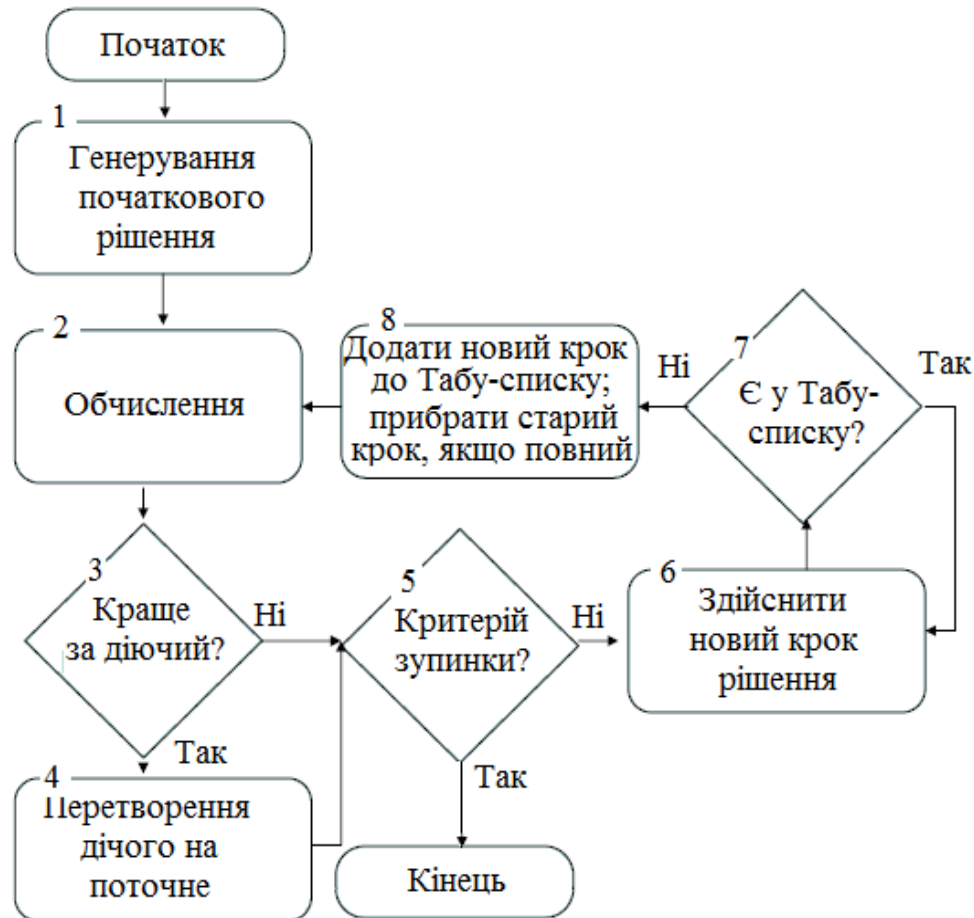
Оператор схрещування

<u>Батько 1</u>	4	5	1	6	2	3
<u>Батько 2</u>	1	2	6	4	3	5
<u>Нашадок</u>	1	5	4	6	2	3

Механізми формування нової популяції:

- відбір 30 кращих хромосом поточної популяції;
- формування 40 хромосом випадковим схрещуванням хромосом поточного покоління;
- формування 20 хромосом шляхом мутації (попарної зміни місцями двох замовлень на продукцію) випадково вибраних хромосом поточного покоління
- генерування 10 нових хромосом випадковим чином.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ТАБУ-ПОШУКУ



Головна перевага методу – відсутність зупинок у локальних оптимумах завдяки створенню табу-списку нещодавно відвіданих точок простору розв’язків, який запобігає можливості зациклювання алгоритму.

Ключові параметри алгоритму:

- глибина табу-списку;
- визначення поточного стану;
- розмір області «сусідства».

Операції:

- аспірації (включення до табу-списку сусідніх з поточним станів);
- диверсифікація (додає фактор випадковості у процес пошуку).

ЕВРИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ПОПАРНИХ ОБМІНІВ

Повний попарний обмін

	4	7	8	2	9	5	1	6	3
1	7	4	8	2	9	5	1	6	3
2	7	8	4	2	9	5	1	6	3
...	2	7	4	8	9	5	1	6	3

Кількість обмінів: $8 + 7 + \dots + 2 = 35$

Повний попарний обмін в межах лінії

	4	7	8	2	9	5	1	6	3
1	7	4	8	2	9	5	1	6	3
2	7	8	4	2	9	5	1	6	3
...	8	7	4	2	5	9	1	6	3

Кількість обмінів: $3 + 1 + 1 = 5$

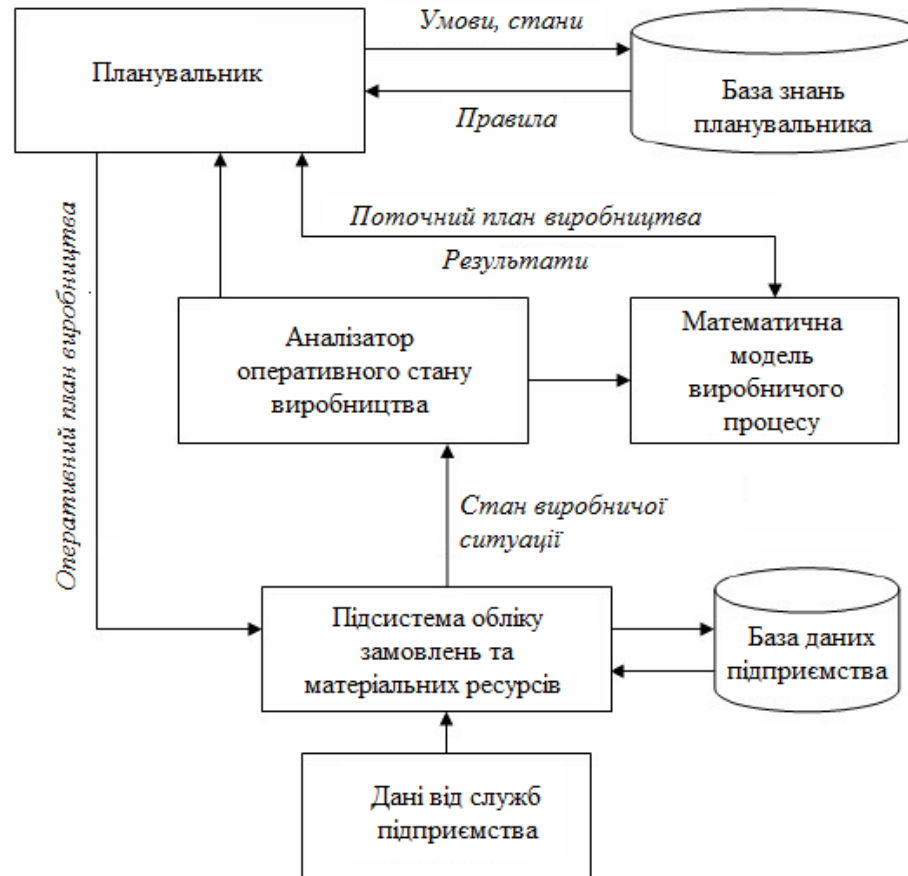
ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Вхідні дані тестування містять 40 замовлень продукції, які випадковим чином призначаються для певних категорій виробів. Замовлення вказує тип, кількість та час виготовлення виробу. Дані для замовлення створюється випадковим чином для створення єдиного сценарію для всіх алгоритмів, у тих самих межах, що й у реальних замовленнях

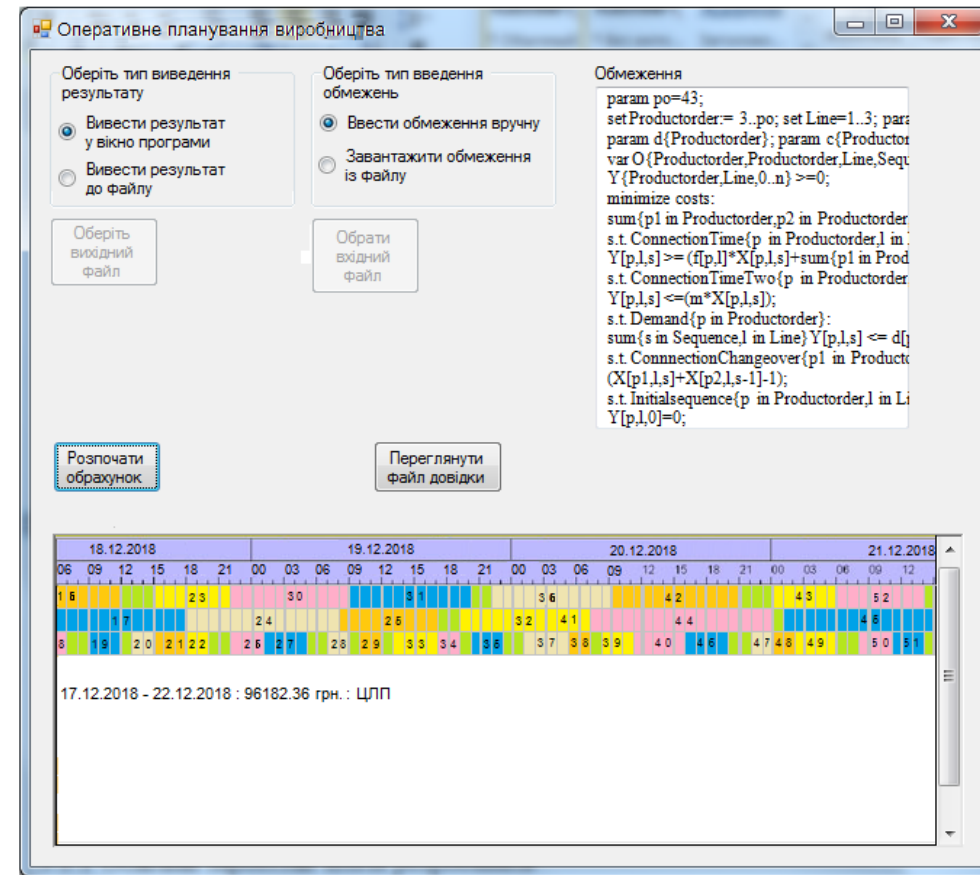
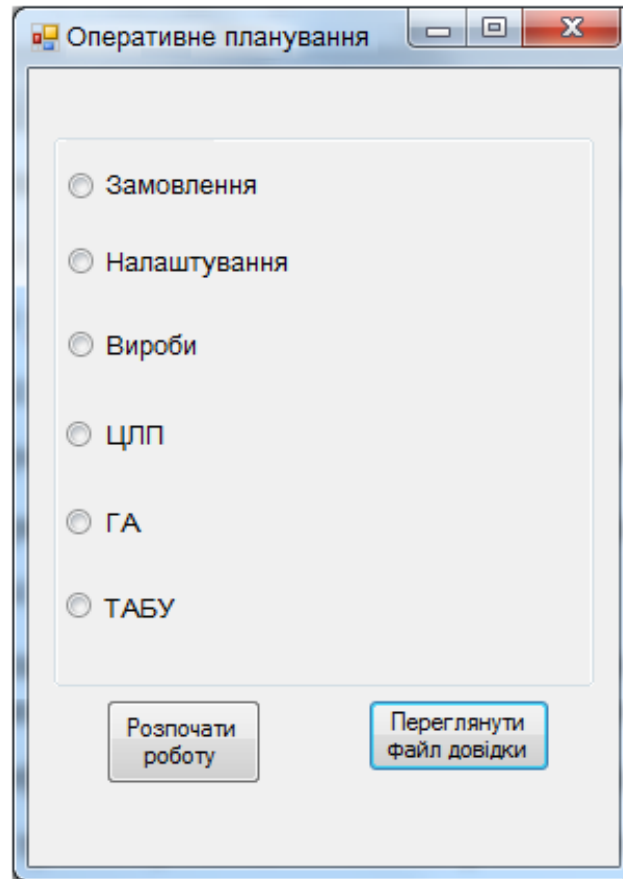
Параметр	Генетичний алгоритм	Табу-пошук	Гібридний алгоритм
Кількість запусків	10000	10000	10000
Кількість оцінених рішень/запуск	5200	5201	5201
Час роботи процесора (мс) /запуск	91.175	35.0266	32.4563
Найкраще рішення	383	713	208
Середнє значення найкращого рішення	496.618	896.0498	300.3424
Стандартне відхилення	32.50457623	38.10357096	20.38117666

Генетичний алгоритм має більше додаткових операцій, ніж методи табу-пошуку і попарних порівнянь. Але основні обчислювальні витрати приходяться на функцію пристосованості. Тому, для забезпечення рівних умов при тестуванні алгоритмів було вирішено вимірювати час його роботи виконанням 5200 оцінок: 100 оцінок для початкової популяції + 100 оцінок для наступних 51 популяцій. Оскільки початкова популяція генерується випадково, було вирішено виконати 10 000 запусків програми, щоб отримати репрезентативні обчислювальні результати: найкраще значення, середнє значення та стандартне відхилення.

ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА



РОБОЧІ ВІКНА ПРОГРАМИ



ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

- дістав подальшого розвитку метод модифікації генетичного алгоритму за рахунок організації локального пошуку методом попарних обмінів, що забезпечило підвищення точності процесу оперативного планування виробництва;
- дістав подальшого розвитку механізм схрещування генетичного алгоритму шляхом використання позиційного оператора, що дозволило підвищити швидкодію процесу оптимізації оперативного плану виробництва.
- розроблено математичну модель оперативного планування виробництва, що забезпечує мінімізацію виробничих витрат на виготовлення дрібносерійної продукції за рахунок оптимізації розподілу замовлень між наявними виробничими лініями.
- розроблено програмне забезпечення оптимізації оперативного планування виробництва методом цілочислового математичного програмування з використання алгебраїчної мови програмування AMPL, яке гарантує знаходження оптимального розв'язку задачі за умов його існування, але потребує значного часу на виконання оптимізації.
- розроблено високопродуктивне програмне забезпечення інформаційної технології оперативного планування виробництва на основі модифікованого генетичного алгоритму, яке забезпечило зменшення витрат на виробництво продукції;
- Основні теоретичні та практичні результати роботи представлені на 5 конференціях, отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.
- Практична цінність роботи підтверджується довідкою про впровадження її результатів.

Дякую за увагу!