

Rice cake production scheduling

Situation

떡 생산 공정 최적화 – 어떤 떡을 언제 무슨 공정을 진행할지 스케줄링

떡 공정 1번 시행 시 10kg 생산 가능

공정 별로 사용되는 유닛을 기준으로 생산 스케줄링 함.

어떤 유닛이 있을 때, 그 유닛의 개수 만큼의 제품 배치만을 동시에 생산할 수 있다.

공정및사용하는유닛

1. 세척



유닛 1 : 세척기(인력X)

개수: 1개

제품: all

2. 불리기 및 건조



유닛 2 : 소쿠리(인력X)

개수: 15개

제품: all

3. 방아



유닛 3 : 방아기(인력X)

개수: 2개

제품: all

4. 찌기



유닛 4 : 찜기(인력X)

개수: 3개

제품: 1,2,3,5,6,7,9



유닛 5 : 스팀기(인력X)

개수: 1개

제품: 8

5. 치대기



유닛 6 : 편칭기(인력X)

개수: 1개

제품: 3,4,9

6. 식히기



유닛 7 : 냉각(인력X)

개수: 15개

제품: 5

7. 모양내기



유닛 8 : 성형기1(인력X)

개수: 1개

제품: 1, 6, 7



유닛 9 : 성형기2(인력X)

개수: 1개

제품: 3



유닛 10 : 성형기3(인력X)

개수: 1개

제품: 9



유닛 11 : 수작업
성형(인력O)

개수: 1개

제품: 2,4,5,8

8. 포장



유닛 12 : 용기 포장(인력O)

개수: 1개

제품: 1,2,3,4,6,7,8,9



유닛 13 : 기계
포장(인력X)

개수: 1개

제품: 5

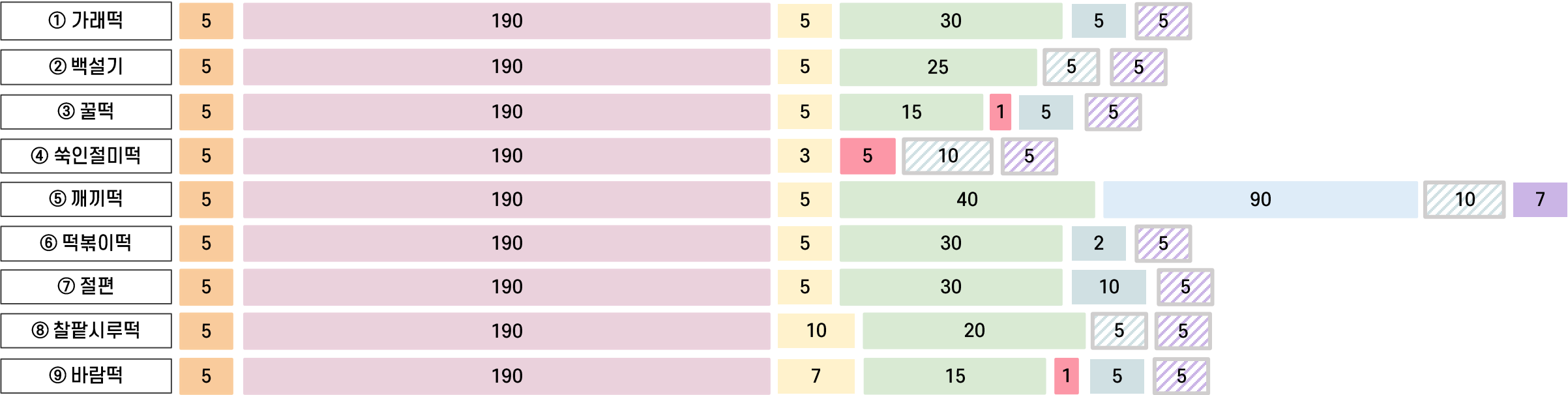
Rice cake production scheduling

Situation

- 떡 생산 공정 최적화 – 어떤 떡을 언제 무슨 공정을 진행할지 스케줄링
- 떡 공정 1번 시행 시 10kg 생산 가능
- 공정 별로 사용되는 유닛을 기준으로 생산 스케줄링 함.
- 어떤 유닛이 있을 때, 그 유닛의 개수 만큼의 제품 배치만을 동시에 생산 할 수 있다.

* 각 떡의 생산 공정

가래떡(제품 1) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 8 - 유닛 12
백설기(제품 2) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 11 - 유닛 12
꿀떡(제품 3) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 6 - 유닛 9 - 유닛 12
인절미떡(제품 4) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 6 - 유닛 11 - 유닛 12
깨끼떡(제품 5) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 7 - 유닛 11 - 유닛 13
떡볶이떡(제품 6) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 8 - 유닛 12
절편(제품 7) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 4 - 유닛 8 - 유닛 12
찰쌀시루떡(제품 8) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛 5 - 유닛 11 - 유닛 12
바람떡(제품 9) :	유닛 1 - 유닛 2 - 유닛 3 - 유닛4 - 유닛 6 - 유닛 10 - 유닛12



세척 불리기 방아 찌기 치대기 식히기 모양내기 포장 인력투입

Rice cake production scheduling

Used data

- 떡집에서 생산하는 제품은 총 9개다.
- 10kg을 1개의 배치로 하였을 때, 2020년 1월 6일에는 가래떡 5 batch, 백설기 3 batch, 꿀떡 5 batch, 쑥인절미 1 batch, 깨끼떡 3 batch, 떡볶이 떡 3 batch, 절편 1 batch, 찰팔시루떡 2 batch, 바람떡 5 batch를 생산했다.
- 떡집에는 총 13 종류의 유닛이 있다. 각 유닛은 유닛에 해당하는 공정의 역할을 수행한다. 제품마다 거쳐야하는 유닛과 공정 수행시간이 다르다. 해서 제품별로 유닛 공정 시간을 정리해 스케줄링에 사용했다. 해당 유닛을 거치지 않으면 0의 값으로 처리해줬다.

* 각 제품의 유닛 별 사용 시간

	유닛 1	유닛 2	유닛 3	유닛 4	유닛 5	유닛 6	유닛 7	유닛 8	유닛 9	유닛 10	유닛 11	유닛 12	유닛 13
제품 1	5	190	5	30	0	0	0	5	0	0	0	5	0
제품 2	5	190	5	25	0	0	0	0	0	0	5	5	0
제품 3	5	190	7	15	0	1	0	0	5	0	0	5	0
제품 4	5	190	3	0	0	5	0	0	0	0	10	5	0
제품 5	5	190	5	40	0	0	90	0	0	0	10	0	7
제품 6	5	190	5	30	0	0	0	2	0	0	0	5	0
제품 7	5	190	5	30	0	0	0	10	0	0	0	5	0
제품 8	5	190	10	0	20	0	0	0	0	0	5	5	0
제품 9	5	190	7	15	0	1	0	0	0	5	0	5	0

Rice cake production scheduling

Used data

생산 및 작업 기록서류					
상 호 : 한빛민속떡집					
2020년 1월 6일					
제 품 명	금일 생산량(Kg)	금일 출고량(Kg)	재고량(Kg)	작업인원	비 고
가래떡	44.0	44.0		3	
백설기	23.0	23.0		3	
꿀떡	45.0	45.0		3	
숙인절미	10.0	10.0		3	
깨끼떡	21.0	21.0		3	
떡볶이떡	23.0	23.0		3	
절편	10.0	10.0		3	
찰팔시루떡	20.0	20.0		3	
바람떡	43.0	43.0		3	

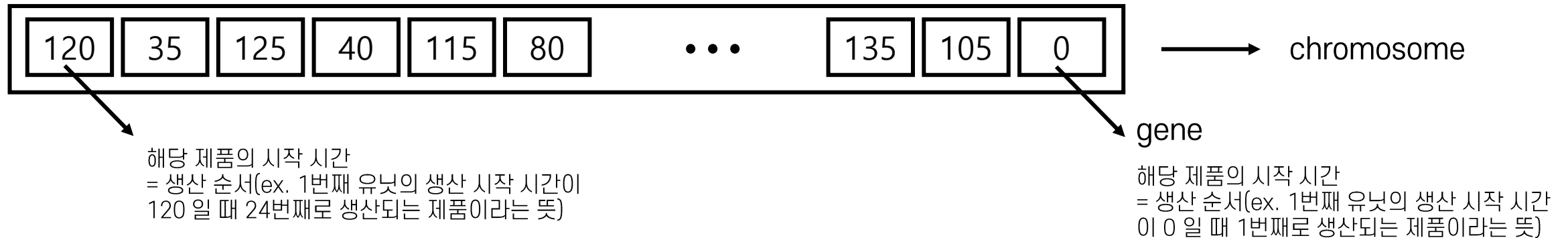


- 대전 '한빛민속떡집'의 생산 수불 대장 2020년 1월 6일 기록
- 연초 1월 1일 및 설날이 있어 떡국 떡의 재료인 가래떡의 생산이 가장 많다.
- 이 데이터를 토대로 하루 생산량에 대해 스케줄링 최적화를 해 보았다.

Rice cake production scheduling

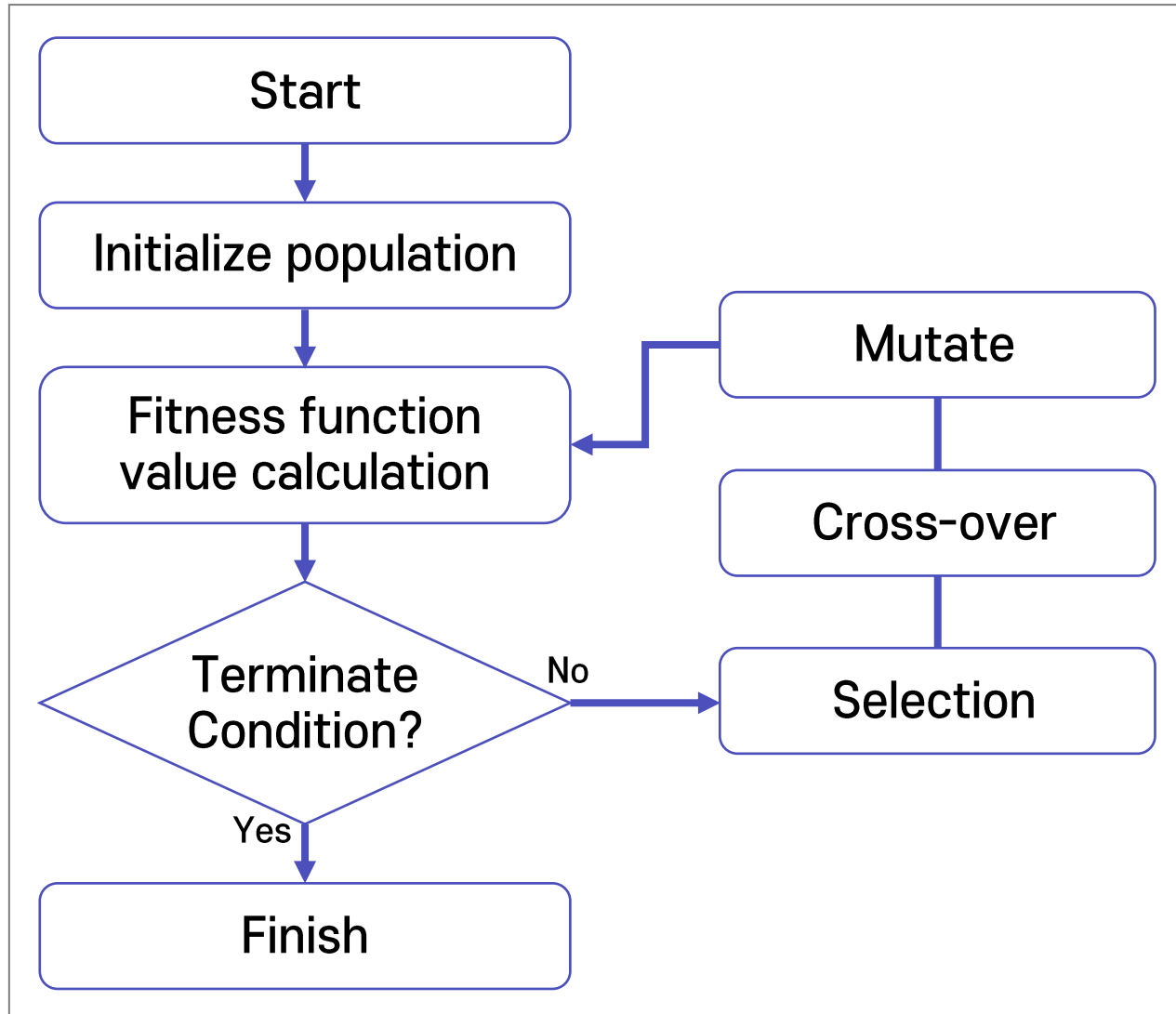
Genetic Algorithm chromosome

- Chromosome은 각 제품들의 첫번째 공정 시작시간이다.
- 이는 제품의 생산 순서를 의미한다. 모든 제품의 첫 생산 시간이 5분이고, 해당 공정의 유닛이 1개임으로 유닛만 생각했을 경우 각 제품의 생산 순서가 다르다면 5분 씩의 차이로 순서대로 생산될 것이다.
- 하여 아래 그림과 같이 chromosome을 만들어줬다. 어떤 순번을 갖은 제품이 있을 때, 같은 순번을 갖은 제품은 나올 수 없다.



Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm



수행 과정

1) 초기 세대 생성

- ① 한 세대는 총 100개의 chromosome으로 이루어져 있음
- ② 종료 조건은 100번 반복하였을 경우

1) [연산과정]

- ① Selection : 최소값을 50개를 먼저 선택한 후, 룰렛휠을 통해 적합도 함수 값이 높은 염색체 일수록 선택될 확률을 높게 해준 후, 무작위 확률에 따라 chromosome 선택
- ② Cross-over(Two-point) : 선택된 chromosome에서 임의로 2개의 점을 뽑아 그 2개의 점의 위치를 서로 바꿈
- ③ Mutation : 선택된 chromosome에서 임의로 1개의 점을 뽑음. 그 점 이후의 제품 생산 순서들을 무작위로 재배치함.

2) 다음 세대는 selection, cross-over, mutation에서 적합도 값이 가장 좋은 것을 4:4:2의 비율로 population의 절반의 개수만큼 뽑는다. 나머지 절반은 새롭게 chromosome을 생성하여 뽑는다.

3) 새롭게 만들어진 세대를 대상으로 위 과정을 100번 반복하였을 경우, 연산을 종료하고 결과값 도출

Rice cake production scheduling

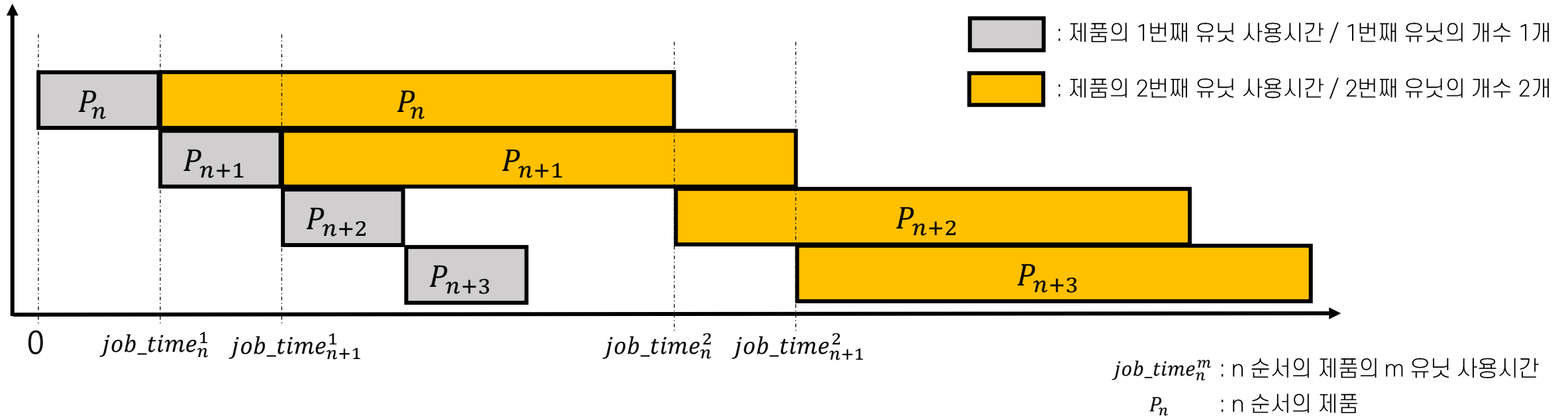
Genetic Algorithm

Fitness function

Fitness function은 해당 전체 생산 공정의 마지막 생산 제품의 마지막 공정 완료시간으로 만들었다. 이를 위해서는 전체 생산 공정을 아는 것이 필요하다.

이를 위해서 chromosome에 따라 각 제품의 생산 순서에 각 유닛들의 생산시간(3슬라이드의 사용시간)을 쌓아주어 전체 생산 공정을 만들어 주었다.

예시



1번째 유닛이 1개이고 2번째 유닛이 2개라고 가정하였을 때,
위와 같은 그림처럼 제품 생산 시간이 쌓이게 fitness function 알고리즘을 만들었다.

Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm

Fitness function

해당 알고리즘을 실제 chromosome에 대입하여 나온 결과

[60, 120, 15, 35, 0, 20, 40, 65, 110, 135, 100, 105, 125, 115, 30, 25, 5, 75, 45, 10, 50, 80, 55, 90, 145, 130, 85, 140] 1 번째 유닛의 시작 시간 – 모든 제품이 동일한 유닛으로 1번째 공정을 진행함.

[65, 125, 20, 40, 5, 25, 45, 70, 115, 140, 105, 110, 130, 120, 35, 30, 10, 80, 50, 15, 55, 85, 60, 95, 150, 135, 90, 145] 1 번째 유닛의 완료 시간

[255, 420, 210, 230, 195, 215, 235, 260, 410, 435, 400, 405, 425, 415, 225, 220, 200, 270, 240, 205, 245, 385, 250, 395, 445, 430, 390, 440] 2 번째 유닛의 완료 시간

[260, 425, 215, 235, 200, 220, 240, 265, 417, 442, 407, 412, 432, 418, 230, 225, 205, 275, 245, 210, 250, 395, 260, 402, 452, 437, 397, 447] 3 번째 유닛의 완료 시간

[335, 457, 260, 300, 230, 270, 305, 355, 432, 472, 422, 427, 447, 422, 300, 280, 245, 365, 330, 240, 330, 395, 330, 417, 467, 452, 412, 462] 4 번째 유닛의 완료 시간

[350, 457, 260, 300, 230, 270, 305, 355, 432, 472, 422, 427, 447, 422, 300, 280, 245, 365, 330, 240, 330, 415, 350, 417, 467, 452, 415, 462] 5 번째 유닛의 완료 시간

[350, 457, 260, 300, 230, 270, 305, 355, 433, 473, 423, 429, 448, 428, 300, 280, 245, 365, 330, 240, 330, 415, 350, 418, 468, 453, 416, 463] 6 번째 유닛의 완료 시간

[350, 457, 260, 300, 230, 270, 305, 355, 433, 473, 423, 429, 448, 428, 390, 370, 335, 365, 330, 240, 330, 415, 350, 418, 468, 453, 416, 463] 7 번째 유닛의 완료 시간

[355, 462, 265, 305, 235, 270, 305, 355, 433, 473, 423, 429, 448, 428, 390, 370, 342, 367, 332, 242, 342, 415, 355, 418, 468, 453, 416, 463] 8 번째 유닛의 완료 시간

[355, 462, 265, 305, 235, 270, 305, 355, 439, 478, 428, 434, 453, 428, 390, 370, 342, 367, 332, 242, 342, 415, 355, 418, 468, 453, 416, 463] 9 번째 유닛의 완료 시간

[355, 462, 265, 305, 235, 270, 305, 355, 439, 478, 428, 434, 453, 428, 390, 370, 342, 367, 332, 242, 342, 415, 355, 426, 473, 458, 421, 468] 10 번째 유닛의 완료 시간

[355, 462, 265, 305, 235, 275, 310, 360, 439, 478, 428, 438, 453, 438, 400, 380, 352, 367, 332, 242, 352, 420, 365, 426, 473, 458, 421, 468] 11 번째 유닛의 완료 시간

[362, 470, 270, 310, 240, 280, 315, 367, 455, 485, 440, 445, 460, 450, 400, 380, 352, 377, 337, 247, 357, 425, 372, 435, 480, 465, 430, 475] 12 번째 유닛의 완료 시간

[362, 470, 270, 310, 240, 280, 315, 367, 455, 485, 440, 445, 460, 450, 400, 380, 352, 377, 337, 247, 359, 425, 372, 435, 480, 465, 430, 475] 13 번째 유닛의 완료 시간

14행(유닛의 완료시간)
28열(제품 개수)

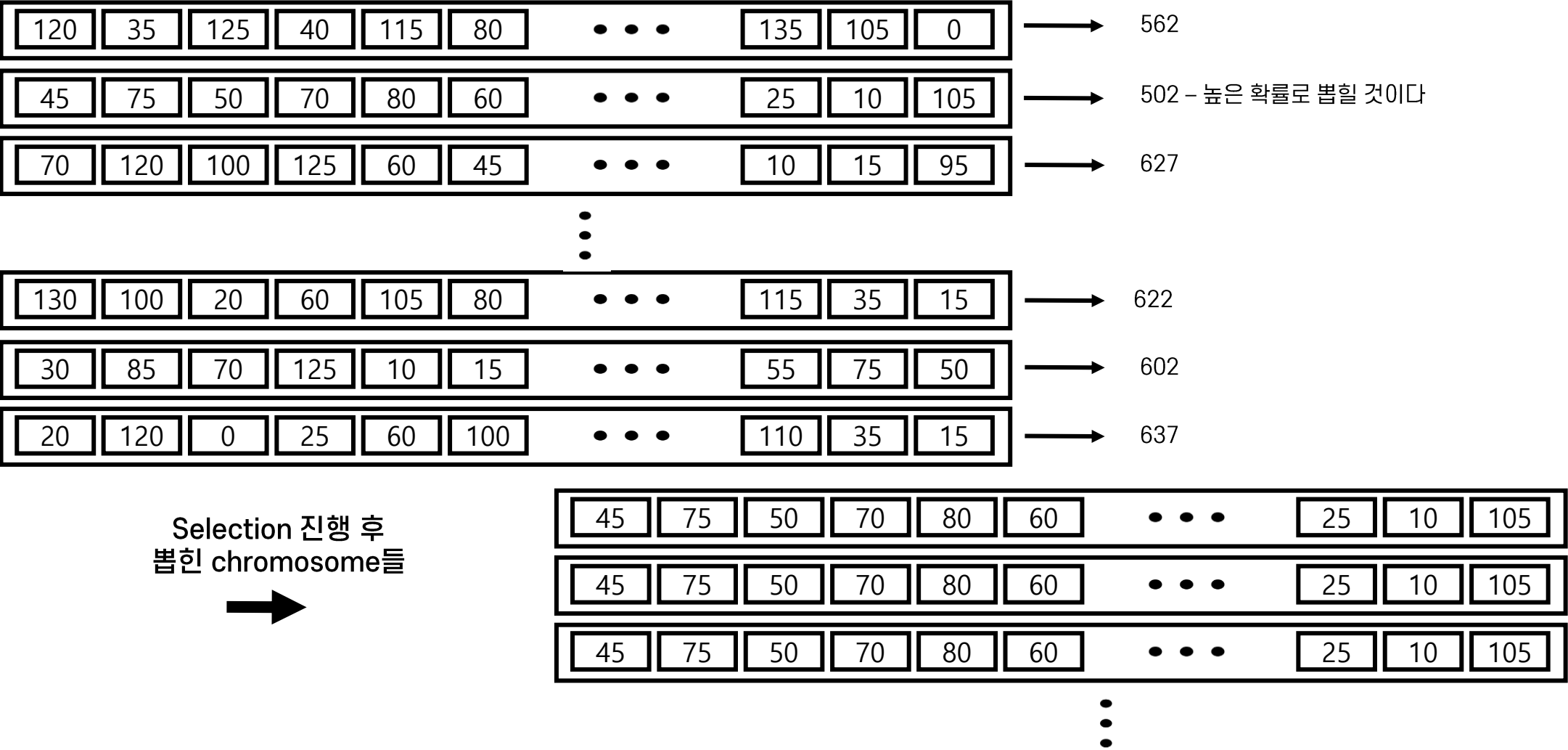
Fitness function 값

Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm

Selection

룰렛휠을 통해 적합도 함수 값이 높은 염색체 일수록 선택될 확률을 높게 해준 후, 무작위 확률에 따라 100개(세대의 chromosome 수)만큼 선택함.
확률적으로 해당 세대의 최소값이 선택되지 않을 수도 있음으로 최소값을 50개를 먼저 선택한 후 나머지 chromosome을 select함.

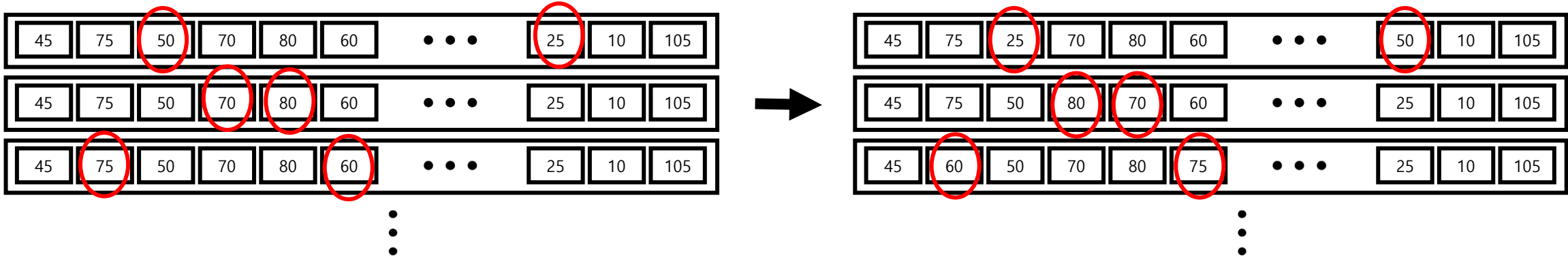


Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm

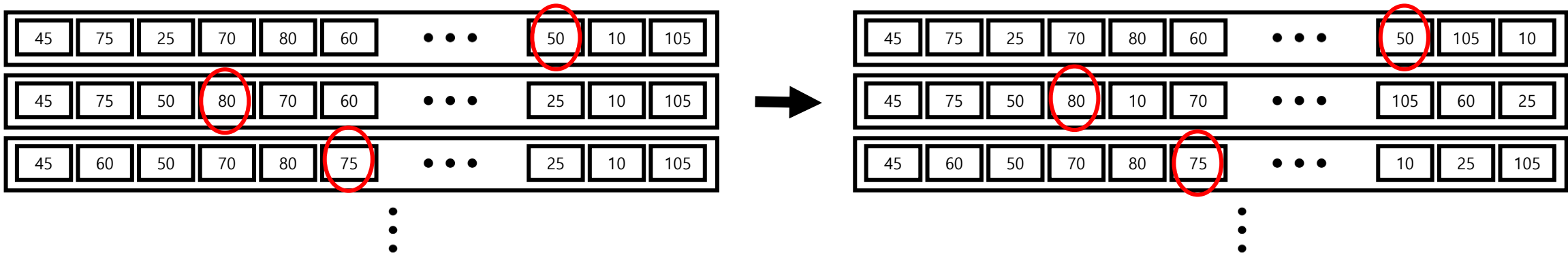
Two-point Cross-Over

selection을 거친 population에 대해서 무작위 확률에 따라 해당 확률이 0.3보다 크다면 cross-over를 해줄 chromosome으로 선택함.
선택된 chromosome에서 임의로 2개의 점을 뽑아 그 2개의 점의 위치를 서로 바꿈



Mutation

Cross-over을 거친 population에 대해서 무작위 확률에 따라 해당 확률이 0.5보다 크다면 mutation을 해줄 chromosome으로 선택함.
선택된 chromosome에서 임의로 1개의 점을 뽑음. 그 점 이후의 제품 생산 순서들을 무작위로 재배치함.

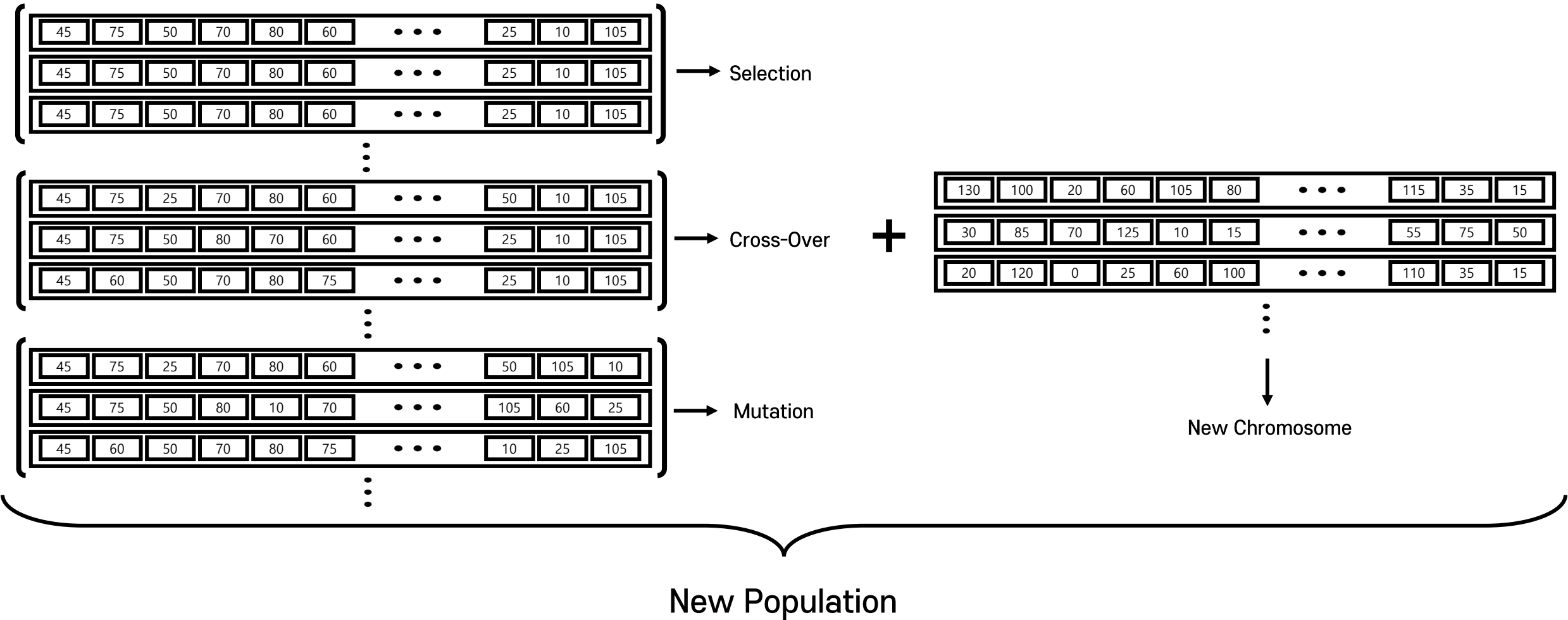


Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm

Iteration

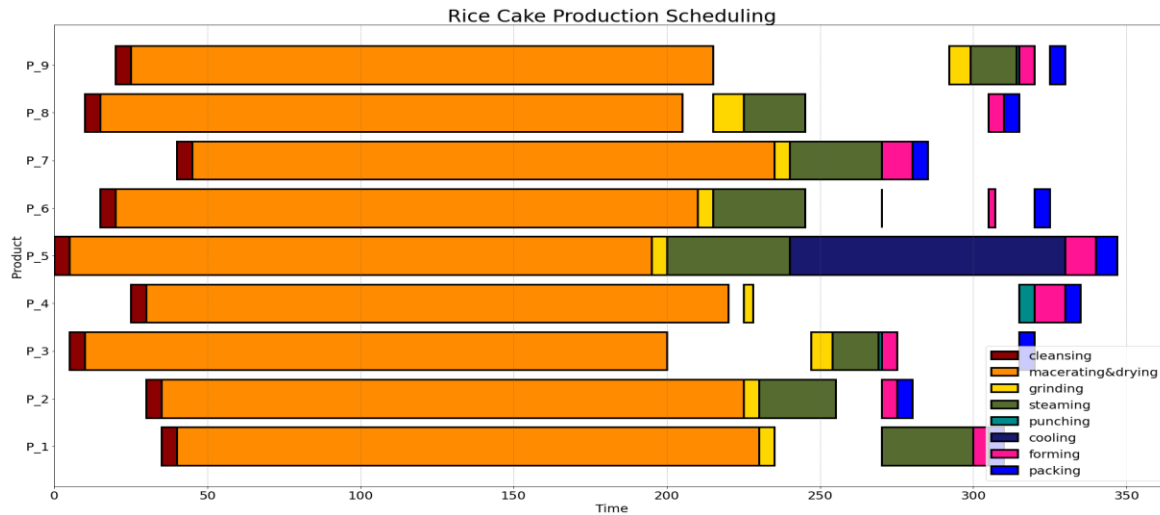
다음 세대는 selection, cross-over, mutation에서 적합도 값이 가장 좋은 것을 4:4:2의 비율로 population의 절반의 개수만큼 뽑는다.
나머지 절반은 새롭게 chromosome을 생성하여 뽑는다.



Rice cake production scheduling

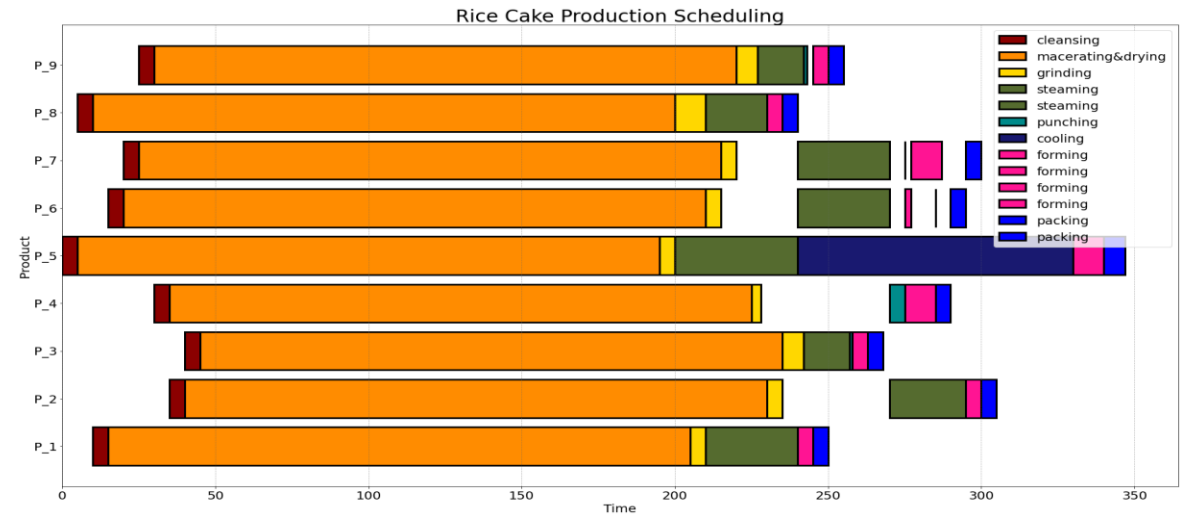
CPLEX와 Genetic Algorithm 결과 비교

생산 순서를 임의 지정하지 않은 CPLEX



가동 시간 : 1분 13초

생산 순서를 임의 지정하지 않은 GA



세대 : 20개의 chromosome
Selection, cross-over, mutation 비율 : 4:4:2
가동 시간 : 약 0.012초

=> 두 값 모두 같은 347분(생산시간)이 나왔다.

- 냉각 공정이 포함되어 가장 생산 시간이 긴 5번 제품이 첫번째로 생산되는 것이 최적의 스케줄로 보인다.
- 전체 생산 공정 시간이 5번 제품의 생산 시간과 같다.

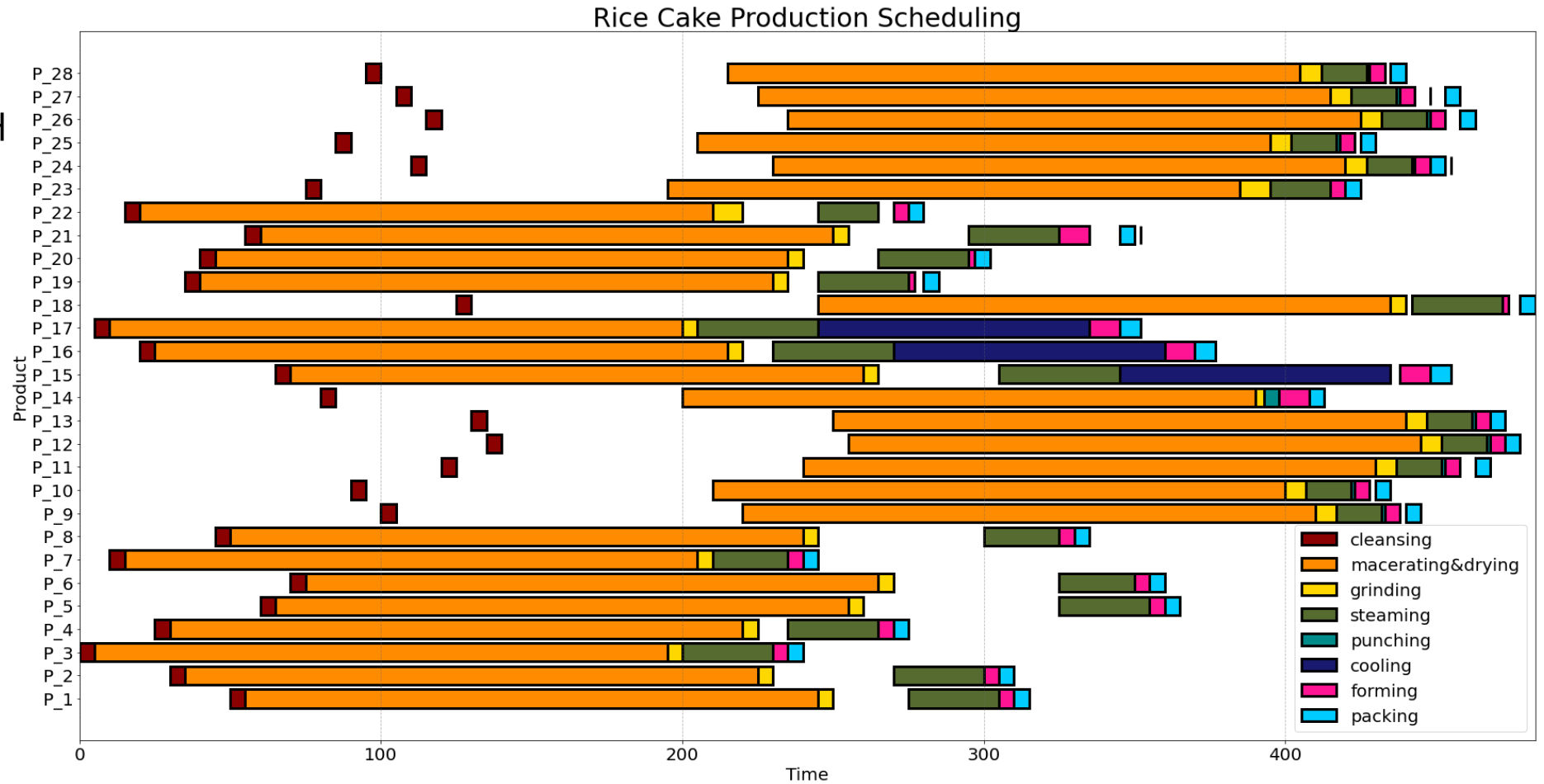
Rice cake production scheduling

Genetic Algorithm

결과

1세대 – chromosome 1000개
10000번 반복한 결과
돌아간 시간 : 11시간 30분
값 : 488분

1세대 – chromosome 100개
100번 반복한 결과
돌아간 시간 : 1 분
값 : 483분



- 토이 케이스와 다르게 냉각 공정이 포함되어 가장 생산 시간이 긴 5번 제품이 가장 첫번째로 생산되지는 않았다.

Rice cake production scheduling

Contributions

- 나는 본 연구를 통해 떡 생산 프로세스 최적화 문제를 해결해보았다.
- 일반적인 식품 생산과 다르게 한 생산 스케줄에서 제품에 따른 여러 공정과 유닛들을 고려하여 문제를 해결했다.

• 본 연구는...

- ① 다단계 프로세스, 유닛과 다품종 제품 고려
- ② 배치를 고려하여 생산 진행
- ③ 제품 별 거치는 공정이 다름을 고려
- ④ 사용 가능한 기계와 인력 모두 고려
- ⑤ 실제 데이터를 토대로 GA를 통해 최적의 스케줄링 도출
- ⑥ 상용 솔버(Cplex)보다 빠른 속도로 최적값을 도출함.



본 연구를 통해 다품종 생산에 대해
더 복잡한 공정을 고려하여
배치 생산을 진행할 수 있는
최적화된 생산 스케줄링 방법을 제시