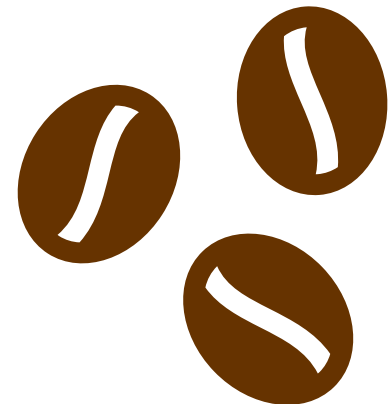


원두 보관창고, 직영점 입지 선정, 경로 최적화



최적화 2조. 정윤서 진경배 최원준 정승우 연현중

서론

Problem Identification

고려대와 연세대가 협업하여 새로운 카페 프랜차이즈 사업을 시작하기로 결정했다. 두 학교는 가맹사업법에 따라 1개 이상의 직영점을 1년 이상 운영하여야 하고 따라서 1년 동안 직영점 여러 개를 운영하여 사업의 확장 여부를 결정하기로 하였다. 카페 운영을 위한 원두를 외부 생산제조업체로부터 받은 후, 본사 소유의 원두 보관 창고를 여러 곳 설립하여 창고에 원두를 보관하였다가 직영점에 납품하기로 하였다. 이때, 비용과 수익 등을 고려하여 원두 보관 창고, 직영점 위치 및 원두의 유통경로를 최적화 하는 것이 우리의 목적이다.

Problem Definition

문제를 풀기 위한 조건과 가정은 다음과 같다.

[조건]

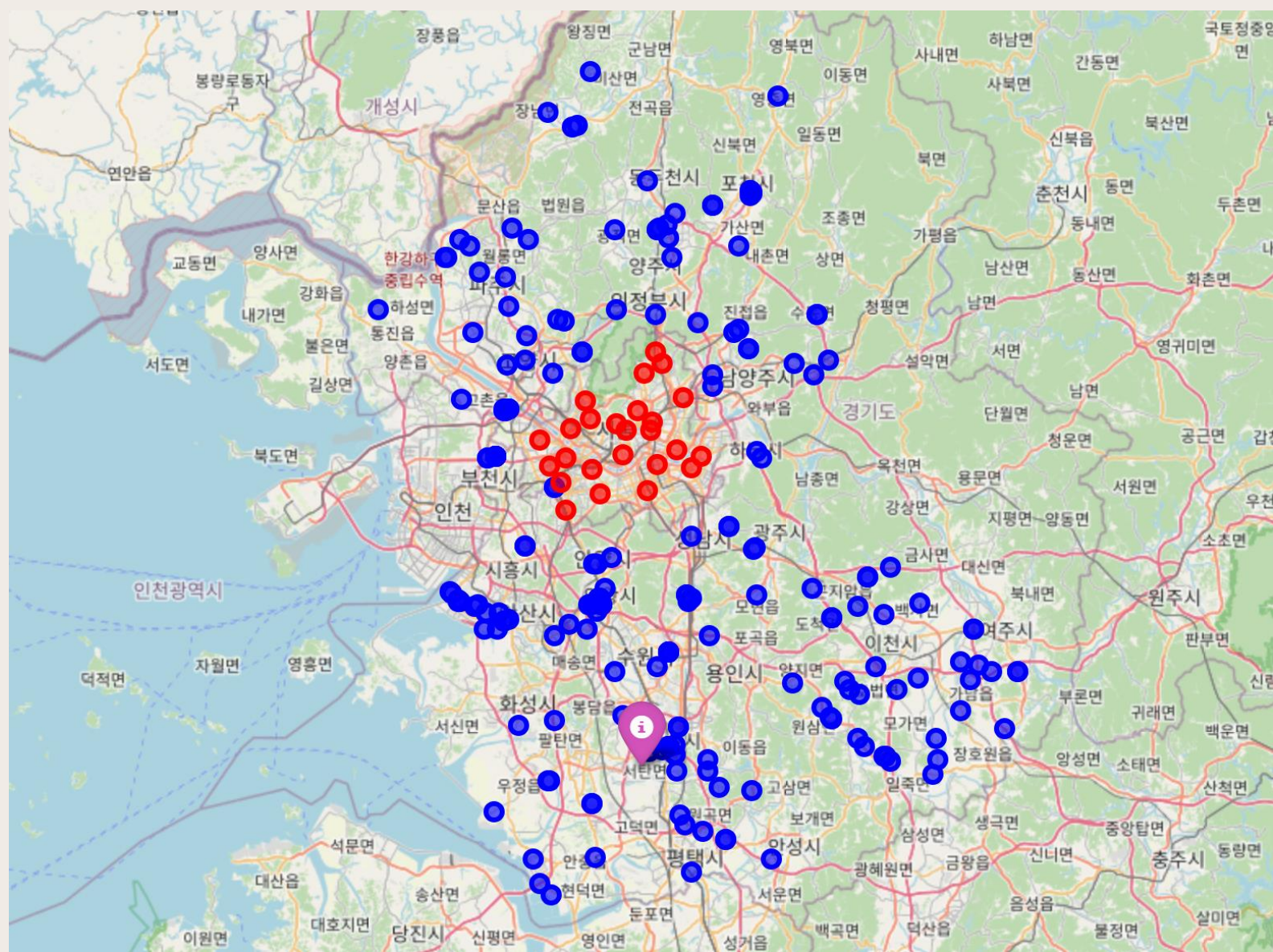
1. 외부 생산제조업체의 물류 센터의 위치는 다음과 같다.

평택물류센터(위경도[37.116718, 127.022459]
경기도 평택시 서탄면 수월암5길 16)

- 원두 보관 창고는 가이드라인에 첨부된 파일에 있는 위치에만 설립할 수 있다.
- 원두 보관 창고의 면적은 모두 100평이다.
- 모든 직영점은 현재 매물로 나와있는 곳에만 입주가 가능하다.
- 직영점은 모두 서울특별시에 위치해야 한다.
- 직영점의 면적은 고려하지 않는다.
- 유통 비용은 거리에 비례한다고 가정하고 이때 유통량과 관계없이 일정하다고 가정한다.
- 하나의 직영점당 연간 기대 수익률은 20%라고 가정한다.

[가정]

- 문제에서 주어진 연간 기대 수익률 20%를 매출액의 순이익률로 가정한다. 이에 따라 운영비용은 매출액의 80%으로 결정되며, 해당 비용에 인건비, 임대료 등이 포함되므로 최적화 수식 계산에서 배제한다.
- 제시된 상황은 가맹점을 모집하기 전 1년 간 1개 이상의 직영점을 운영하여 사업 확장 여부를 판단하려는 것이므로, 많지 않은 수의 직영점을 다양한 지역에서 운영하도록 한다. 이를 위해 직영점 후보지를 각 구에 하나씩 선정하고, 하나의 후보지를 선택하였을 때 해당 구와 인접한 구의 후보지를 선택에서 제외하는 제약을 추가한다. 또한, 앞서 임대료를 최적화 수식에서 배제하기로 결정하여 직영점 후보지를 실제 매물에서 고려할 의미가 감소하였으므로, 구청의 위치를 직영점 후보지로 사용한다.
- 로스팅된 원두의 맛과 향이 유지되는 기간을 고려하여 원두를 1달에 4번 배달한다.
- 원두 보관 창고는 1곳에만 설립한다.



Data analysis

[1개의 원두 보관 창고에 보관할 수 있는 원두의 양]

물류센터의 층고는 10m, 원두 한 포대 무게는 60kg, 한 포대 당 부피는 0.1m3로 가정했을 때, 100평은 330.579m2이므로 창고의 부피는 3305.79m3이다. 통로 등의 공간을 고려하여 약 70%의 공간에 물건을 보관할 수 있다고 가정하면, 계산은 다음과 같다.

$$3305.78 \times 0.7 \times 60 \div 0.1 = 1388431.8(\text{kg})$$

따라서 1개의 원두 보관 창고에 원두 1,388,431.8kg을 보관할 수 있다.

[카페 매출 규모에 따른 원두 소비량]

카페의 매출 중 커피류의 비중은 66%이며, 카페에서 아메리카노 1잔을 약 2,000원에 판매할 때, 기타 라떼류는 약 4,000원에 판매하고 있으므로 3,000원에 커피 1잔으로 가정하여 계산을 진행한다. 또한 원두 1kg으로 2샷 커피 50잔을 추출할 수 있으므로 계산은 다음과 같다.

$$\text{월 원두 소비량(kg)} = (\text{매출(만원)} \times 0.66) \div (0.3(\text{만원}) \times 50)$$

따라서 매출이 1,000만원인 가게의 원두 월 원두 소비량은 $1000 \times 0.044 = 44(\text{kg})$ 임을 알 수 있다.

[트럭 운송비용]

대략적인 원두 소비량을 계산했을 때, 1톤 카고 트럭으로 원두 수요를 감당할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 트럭 운임요금을 조사한 결과, km 당 비용은 1,300원으로 설정하였다.

[점포의 매출 규모]

구청의 위치를 직영점 후보지로 가정하였으므로 구청이 위치한 동의 커피전문점 점포당 월 평균 매출액을 조사하여 활용하였다.

Mathematical Modeling

Decision variables, parameters

Set

C : 직영점 후보지에 대한 집합 i 으로, 각 구의 구청 위치 사용

W : 원두 보관 창고 후보지에 대한 집합

Parameters

d_{ij} : 카페 i 와 카페 j distance

d_{iw} : 카페 i 과 창고 w distance

c_{fc} : 운송 비용(= 0.13만 원/km)

$sales_i$: 직영점 후보지 i 의 평균 매출 [만원]

α : 매출 극대화를 우선시하기 위한 큰 상수

Decision variables

$F_w \in \{0,1\}$: 원두 보관 창고 w 의 선택 여부

$Ck_i \in \{0,1\}$: 직영점 후보지 i 의 선택 여부

$C_{ij} \in \{0,1\}$: 직영점 후보지 $i \rightarrow j$ 까지의 경로 존재 여부

$V_{w,i} \in \{0,1\}$: 창고 $w \rightarrow$ 직영점 후보지 i 까지의 경로 존재 여부

Mathematical Model

Objective

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & 4 \cdot c_{fc} \sum_{i \in C} \sum_{j \in C} d_{ij} \cdot C_{ij} \\ & + 4 \cdot c_{fc} \sum_{i \in C} \sum_{w \in W} d_{iw} \cdot V_{w,i} \\ & - \alpha \sum_{i \in C} sales_i \cdot Ck_i \end{aligned}$$

subject to

c1. 원두 보관 창고 개수

$$\sum_{w \in W} F_w = 1$$

c2. 직영점 후보지 방문 및 경로 제약

$$\sum_{j \in C} C_{ij} \leq Ck_i \quad \forall i \in C$$

$$\sum_{i \in C} C_{ij} \leq Ck_j \quad \forall j \in C$$

c3. 인접한 직영점 후보지 관련 제약

$$Ck_i + Ck_j \leq 1 \quad \forall (i, j) \text{ in } adjacency_constraints$$

c4. 원두 보관 창고 용량 제약

$$\sum_{j \in C} 0.044 \cdot sales_j \cdot Ck_j \leq 1388431.8$$

c5. 창고 경로 제약

$$V_{w,j} \leq F_w \quad \forall w \in W, \forall j \in C$$

Model development

Summary

원두 보관 창고와 카페 직영점의 위치 그리고 원두 유통경로를 최적화하는 알고리즘을 구현하였다. 먼저, 직영점 후보지 위치, 매출 데이터, 운송 비용 등에 대한 정보를 수집하고, Haversine 공식을 사용하여 모든 카페 쌍 사이, 각 카페와 잠재적인 창고 위치 사이의 거리를 계산하였다.

그 다음 총 유통 비용을 최소화하고 매출을 극대화하기 위한 최적화 모델을 설정하였다. 이 모델에서 이진 결정 변수는 선택 사항과 경로를 나타내며, 제약 조건은 인접성 및 판매 제약 조건을 포함하고 있다.

Gurobi를 솔버로 사용한 최적화 모델을 실행하여 최적의 원두 보관 창고 위치와 직영점 집합을 결정하였다. 이후, OR-Tools를 사용해 TSP(Traveling Salesman Problem) 알고리즘을 적용하여 원두 보관 창고에서 선택한 직영점 후보지까지의 가장 효율적인 유통 경로를 계산하였다.

이때, Gurobi 라이선스 문제로 큰 사이즈의 모델은 불가능하기 때문에, 보관창고 후보지를 random선정해서 50개로 지정하였다.

Solving Model

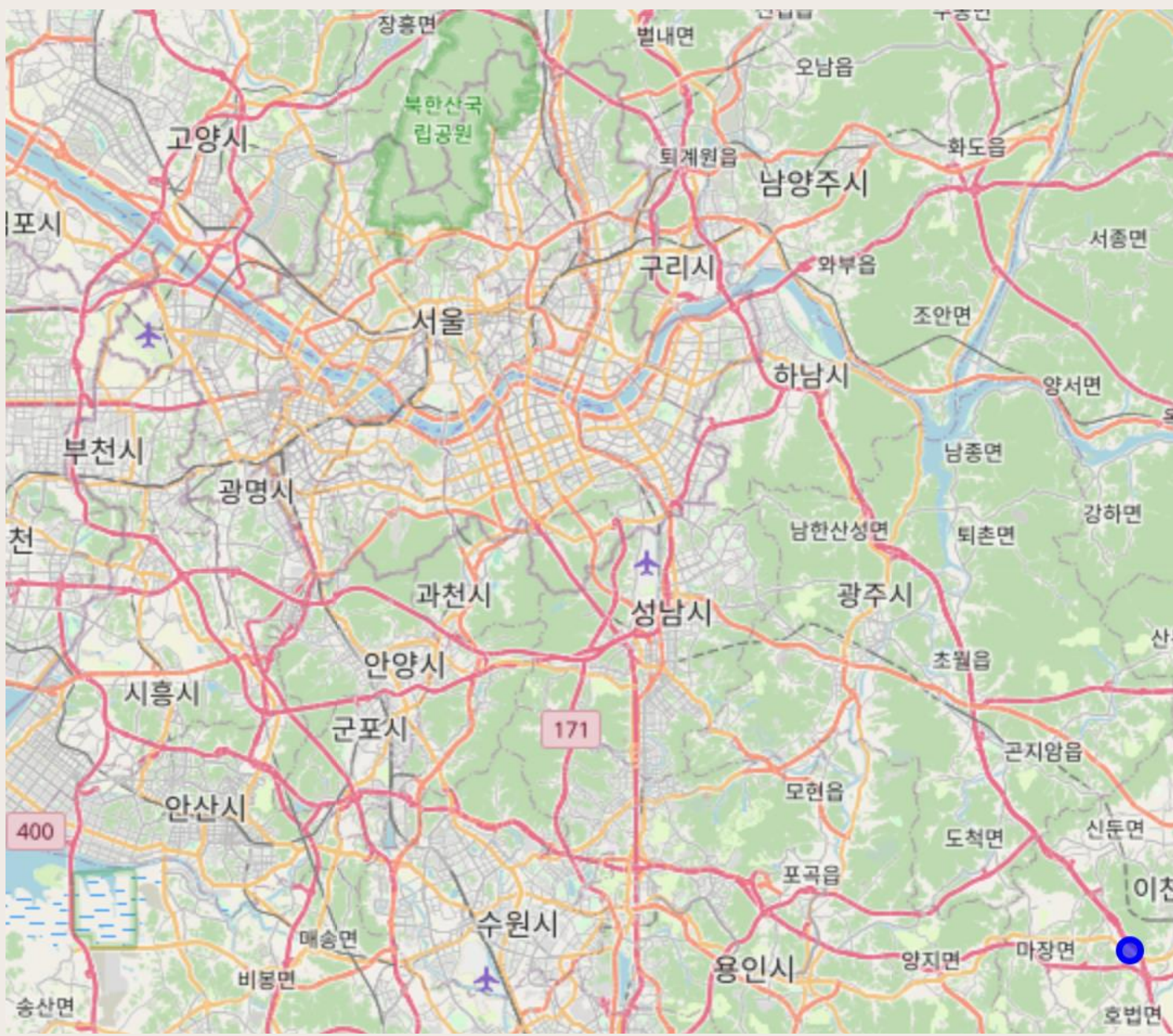
Result & Analysis

직영점은 양천구, 마포구, 금천구, 동작구, 종로구, 성동구, 도봉구, 중랑구, 송파구에 하나씩, 원두 창고는 경기도 이천시 호법면 중부대로 743 에 짓는 것이 최적이다.

해당 위치에 직영점과 원두 창고를 지으면, 매출 최대화와 유통 비용 최소화를 동시에 이룰 수 있다.

최적의 운송 경로는 원두 창고에서 출발해 양천구, 마포구, 금천구, 동작구, 종로구, 성동구, 도봉구, 중랑구, 송파구를 거쳐 원두 창고로 돌아온다.

총 예상 경로는 149km, 1회 운송 시 예상 비용은 193,000원 이다.



Conclusion

Interpretation and Limitations

[주요 발견 사항]

각 지역의 매출 예상액, 유통 경로를 고려했을 때, 직영점은 양천구, 마포구, 금천구, 동작구, 종로구, 성동구, 도봉구, 중랑구, 송파구에 짓고, 원두 창고는 경기도 이천시 호법면에 짓는 것이 비용적으로 최적이다.

한달에 4번 1톤 카고 트럭으로 원두를 운송한다. 경로는 원두창고에서 출발해 양천구, 마포구, 금천구, 동작구, 종로구, 성동구, 도봉구, 중랑구, 송파구를 순서대로 거쳐 원두 창고로 돌아오는 것으로 한다.

[한계점 및 의의]

[구 선택의 제한]

인접한 구를 선택하지 못하게 함으로써, 선택에서 제외된 구는 정확한 정보를 얻을 수 없다는 한계가 있다. 그러나, 서울시 전역에 걸쳐 직영점을 퍼뜨려 두어 평가할 수 있게 되며 비용을 무제한으로 들이지 않고 인접한 구를 기준으로 여러 지역을 평가할 수 있을 것이다.

[운송 수단의 선택의 제한]

운송 수단을 다양하게 사용할 수도 있다. 가변적인 수요에 대응 하기 위해 1톤 트럭을 기준으로 운송 비용을 고려했지만, 커피 원두의 작은 부피와 무게를 고려했을 때, 더 값싼 운송 수단을 이용하면 운송 비용에서 예산을 절약할 수 있을 것이다.

[실제 도로와 상권을 고려하지 않음]

거리와 매출액을 기준으로 직영점과 원두 창고의 위치를 선정했지만, 실제 상황은 도로 상황과 상권의 특성, 경쟁 업체 등의 여러 요소가 개입하므로 실질적인 최적이지 아닐 수 있다. 그럼에도 계산가능한 범위 내에서 해를 도출했으므로 이를 기반으로 나온 지역의 부동산 매출, 소비자 특성, 교통수단 등의 면밀한 분석을 실시하면 직영점 설립을 구체화 할 수 있을 것이다.