

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему

Оптимізація розміщення автозаправних станцій

Виконав студент II курсу, групи 8.0519-ек
спеціальності 051 Економіка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Економічна кібернетика

(код і назва освітньої програми)

В.Бурцев

(ініціали та прізвище)

Керівник професор, д. ф.-м. н., проф. Козін І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доцент, к.е.н., Чеверда С.С.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет _____

Кафедра _____

Рівень вищої освіти _____

Спеціальність _____

Освітня програма _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) _____

керівник роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «___» _____ 20__ року № _____

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 79 с., 27 рис., 1 додаток, 56 джерела.

Об'єкт дослідження – автозаправна станція як об'єкт роздрібної торгівлі.

Предмет дослідження – математичні моделі та методи, що використовуються для розв'язання задач розміщення автозаправних станцій.

Мета роботи - розробка та застосування алгоритму пошуку субоптимальних рішень задачі розміщення автозаправних станцій.

Методи дослідження – дискретного і комбінаторного аналізу, методи дослідження операцій, елементи теорії графів, методи локального пошуку, теорія побудови алгоритмів пошуку наближених рішень.

У кваліфікаційній роботі магістра досліджено стан розвитку та особливості роздрібної торгівлі паливом. Визначено фактори, що впливають на розміщення автозаправних станцій. Досліджено математичні методи та моделі розв'язання задач про розміщення. Проаналізовано алгоритми пошуку субоптимальних рішень задач про розміщення. Доведено, що задача про розміщення автозаправних станцій може бути сформульована як задача пошуку субоптимального рішення на фрагментарній структурі. Розроблено та застосовано алгоритм пошуку субоптимальних рішень задачі розміщення автозаправних станцій.

АВТОЗАПРАВНА СТАНЦІЯ, ГРАФ, ЗАДАЧА ПРО РОЗМІЩЕННЯ,
NP-СКЛАДНА ЗАДАЧА, СУБОПТИМАЛЬНЕ РІШЕННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ

SUMMARY

Master's qualification work consists of three sections, 79 p., 27 figures, 1 annexes, 56 sources.

The object of the study is a gas station as a retail trade object.

The subject of research is mathematical models and methods used to solve the problems of the location of gas stations.

The purpose of the work is to develop and apply an algorithm for searching suboptimal solutions to the problem of locating gas stations.

Research methods - discrete and combinatorial analysis, methods of operations research, elements of graph theory, local search methods, theory of construction of algorithms for finding approximate solutions.

In the master's work the development condition and features of retail trade of fuel are investigated. The factors influencing the location of gas stations are identified. Mathematical methods and models for solving location problems are investigated. Algorithms for finding suboptimal solutions to location problems are analyzed. It is proved that the problem of locating gas stations can be formulated as the problem of finding a suboptimal solution on a fragmented structure. An algorithm for finding suboptimal solutions to the problem of locating gas stations has been developed and applied.

GAS STATION, GRAPH, LOCATION PROBLEM, NP-COMPLEX PROBLEM, SUBOPTIMAL SOLUTION, OPTIMIZATION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ ПАЛЬНИМ.....	9
1.1 Аналіз стану розвитку та особливостей роздрібноЇ торгівлі пальним...	9
1.2 Аналіз факторів, що впливають на розміщення автозаправних станцій.....	19
1.3 Огляд сучасних наукових досліджень щодо розміщення об'єктів роздрібноЇ торгівлі пальним.....	25
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРО РОЗМІЩЕННЯ.....	33
2.1 Задача про розміщення: класифікація, математичні методи розв'язання.....	33
2.2 Теорія графів як засіб розв'язання задач про розміщення	43
2.3 Фрагментарні алгоритми пошуку субоптимальних рішень дискретних оптимізаційних задач	51
РОЗДІЛ 3 РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ АЗС.....	57
3.1 Опис алгоритмів пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення автозаправних станцій.....	57
3.2 Застосування алгоритмів пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення АЗС.....	63
3.3 Оцінка ефективності використаних алгоритмів.....	70
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	75
ДОДАТОК А.....	81

ВСТУП

Мережі автозаправних станцій (АЗС) як системи забезпечення нафтопродуктами служать для реалізації моторних палив кінцевим споживачам. Вони входять до складу нафтової промисловості і поряд з електро- і газопостачанням, транспортом і зв'язком утворюють стратегічні національні мережеві освіти, необхідні для функціонування та розвитку держави і суспільства в цілому. У зв'язку з цим питання підвищення ефективності чи вдосконалення мереж автозаправних станцій є актуальними.

У науковій літературі значну увагу приділено розгляду автозаправних комплексів в якості компонентів інфраструктури ринку і об'єктів капітального будівництва, розвиток яких передбачає формування різних моделей та методів розвитку цілих мереж автозаправних комплексів. Ці питання висвітлено у працях вітчизняних вчених, а саме: Ю. Губаря, О. О. Дегтярьової, М. С. Дорожкіної, О.П. Карпій, П. І. Малеха та інших.

Питання оптимізації розміщення об'єктів є актуальним як з практичної, так і з теоретичної точки зору, про що свідчить велика кількість робіт, присвячених даним завданням, а саме роботи А.В. Пашокова, А.В. Єремєєва, В.Д. Береснева, В.Т. Дементьєва, Ю.Б. Гермепера, Ю.В. Шамардіна, А.А. Колоколова та інших. Питання пошуку оптимальних рішень оптимізаційних задач є предметом багаторічних досліджень І.В. Козіна.

Аналіз наукової літератури показує, що одним з перспективних напрямів пошуку розв'язку задач про розміщення є застосування теорії графів. Завдання такого класу мають важливе прикладне значення і виникають в різних сферах діяльності: при розрахунку оптимального розташування технологічного обладнання в цехах, розміщення об'єктів роздрібної торгівлі тощо. Крім того, поява нових видів автозаправного устаткування і моторних палив, зростання автотранспортних потоків, широке застосування автоматизованих систем управління і розвиток регіональних мереж АЗС викликають необхідність проведення системного аналізу та

пошуку нових алгоритмів розв'язання задачі розміщення автозаправних станцій. Тому, обрана тема дослідження є актуальною.

Об'єкт дослідження – автозаправна станція як об'єкт роздрібно́ї торгівлі.

Предмет дослідження – математичні моделі та методи, що використовуються для розв'язання задач розміщення автозаправних станцій.

Мета роботи - розробка та застосування алгоритму пошуку субоптимальних рішень задачі розміщення автозаправних станцій.

Для досягнення мети дослідження у роботі поставлено такі завдання:

- дослідити особливості функціонування об'єктів роздрібно́ї торгівлі паливом та фактори, що впливають на їх розміщення;
- провести аналіз математичних методів, які використовуються для розв'язання задач про розміщення;
- розробити та застосувати алгоритм пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення автозаправних станцій.

Методи дослідження – дискретного і комбінаторного аналізу, методи дослідження операцій, елементи теорії графів, методи локального пошуку, теорія побудови алгоритмів пошуку наближених рішень.

Теоретичну та методологічну основу дослідження становлять наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених, що присвячені аналізу математичних моделей та методів оптимізації розміщення об'єктів, зокрема об'єктів роздрібно́ї торгівлі.

Науковою новизною кваліфікаційної роботи магістра є застосування алгоритму пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення автозаправних станцій.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ ПАЛЬНИМ

1.1 Аналіз стану розвитку та особливостей роздрібною торгівлі паливом

Історія розвитку автозаправних станцій (АЗС) як спеціалізованих «паливних» магазинів почалася з 1907 року, коли в Сієтлі компанією Standard Oil of California (зараз ChevronTexaco) була відкрита перша АЗС [1]. Перші станції розташовувалися в сараях, в яких встановлювали бочки з паливом і ручними насосами. Найбільш інтенсивно розвиток АЗС почався у 50-х роках минулого століття.

Починаючи з 90-х років система АЗС в Україні розвивалася досить стихійно, даний сектор ринку був дуже привабливим для бізнесу, а вплив держави мінімальним. Інтенсивно відкривалися приватні АЗС, при цьому не було єдиної системи розвитку інфраструктурної мережі.

Згідно «Інструкції щодо заповнення форм державних статистичних спостережень стосовно торгової мережі та мережі ресторанного господарства» автозаправна станція - це різновид об'єкта напівстаціонарної роздрібною торгівлі з продажу пального для автотранспортних засобів з використанням спеціального обладнання, а також супутніх товарів [2].

Якщо розглядати автозаправну станцію як об'єкт роздрібною торгівлі, то це «одиниця суб'єкта господарювання, у якій здійснюється продаж споживчих товарів безпосередньо населенню для особистого споживання» [2].

Автомобільна заправна станція може розглядатися як комплекс будівель, технологічного обладнання, якій призначений для приймання, зберігання моторного палива та заправлення ним транспорту (автомобільного та мототранспорту) [3].

Діяльність АЗС в Україні регламентовано низкою законодавчих актів, зокрема: Податковим Кодексом України [4], Законом України «Про державне регулювання виробництва і обігу спирту етилового, коньячного і плодового, алкогольних напоїв, тютюнових виробів та пального» [5], Правилами роздрібної торгівлі нафтопродуктами [6] та іншими.

З 01 липня 2019 р. набрали чинності законодавчі зміни, які стосуються, зокрема, реалізації, ліцензування діяльності усіх суб'єктів господарювання, які здійснюють виробництво, зберігання, оптову та роздрібну торгівлю паливом. Крім того, запроваджено систему електронного адміністрування реалізації пального та спирту етилового, завдання якої полягає у акумулюванні даних щодо обліку та сплати акцизного податку, зокрема, по оптовій та роздрібній торгівлі паливом.

Згідно Закону № 481 «оптова торгівля паливом - діяльність із придбання та подальшої реалізації пального із зміною або без зміни його фізико-хімічних характеристик суб'єктам господарювання роздрібною та/або оптовою торгівлі та/або іншим особам [5]».

Торгівля нафтопродуктами, призначеними для відпуску споживачам, здійснюється через мережу автозаправних станцій, автогазозаправних станцій і автогазозаправних пунктів. Забороняється торгівля нафтопродуктами на автозаправних станціях, автогазозаправних станціях, в автогазозаправних пунктах безпосередньо з автоцистерн. Торгівля нафтопродуктами (крім бензину, дизельного палива, скрапленого вуглеводневого газу) в дрібній розфасовці може здійснюватися через об'єкти роздрібної торгівлі [6].

Суб'єкти господарювання отримують ліцензії на право оптової торгівлі паливом на кожне місце оптової торгівлі паливом, а за відсутності місць оптової торгівлі паливом - одну ліцензію на право оптової торгівлі паливом за місцезнаходженням суб'єкта господарювання.

Суб'єкт господарювання має надати споживачу достовірну інформацію про паливо, що продається на АЗС, а за вимогою покупця документи про

якість пального [5]. В інформації про нафтопродукти зазначаються:

- найменування, марка та вид нафтопродуктів;
- показники якості пального та ціна;
- правила та умови їх ефективного і безпечного використання;
- для розфасованих нафтопродуктів - номінальна кількість товару в одиницях маси або об'єму, а також гранично допустимі відхилення від номінальної кількості з дотриманням законодавства про метрологію та метрологічну діяльність;
- відомості про умови зберігання, строк придатності, необхідні дії споживача після його закінчення, а також можливі наслідки в разі невчинення таких дій;
- відомості про виробника, його місцезнаходження та контактна інформація;
- найменування та місцезнаходження суб'єкта господарювання, який виконує функції з прийняття претензій від споживача.

Суб'єкт господарювання зобов'язаний поінформувати споживача про можливість виникнення небезпеки для життя, здоров'я споживача та його майна, навколишнього природного середовища у разі порушення правил пожежної та екологічної безпеки під час поводження з нафтопродуктами.

Законодавством передбачено проектування АЗС з приміщеннями та окремими об'єктами сервісного обслуговування водіїв та транспортних засобів (так звані автозаправні комплекси або АЗК). Вимоги щодо їх розміщення такі:

- АЗК з пунктами технічного обслуговування транспортних засобів (технічне обслуговування, миття, змашування) слід розміщувати лише вздовж вулиць та доріг промислових та комунально-складських зон, на їх територіях та на виїздах з населених пунктів;
- АЗК без пунктів технічного обслуговування слід розміщувати відповідно до вимог, що встановлені для АЗС.

Вибір конкретно визначеного місця для розміщення АЗС та тип АЗС

залежить від потужності та технологічних вирішень відповідно до класифікації. Класифікацію автозаправних станцій представлено на рис. 1.1. У Додатку А представлено поділ автозаправних станцій за типами (табл. А.1) та за потужністю (табл. А.2).

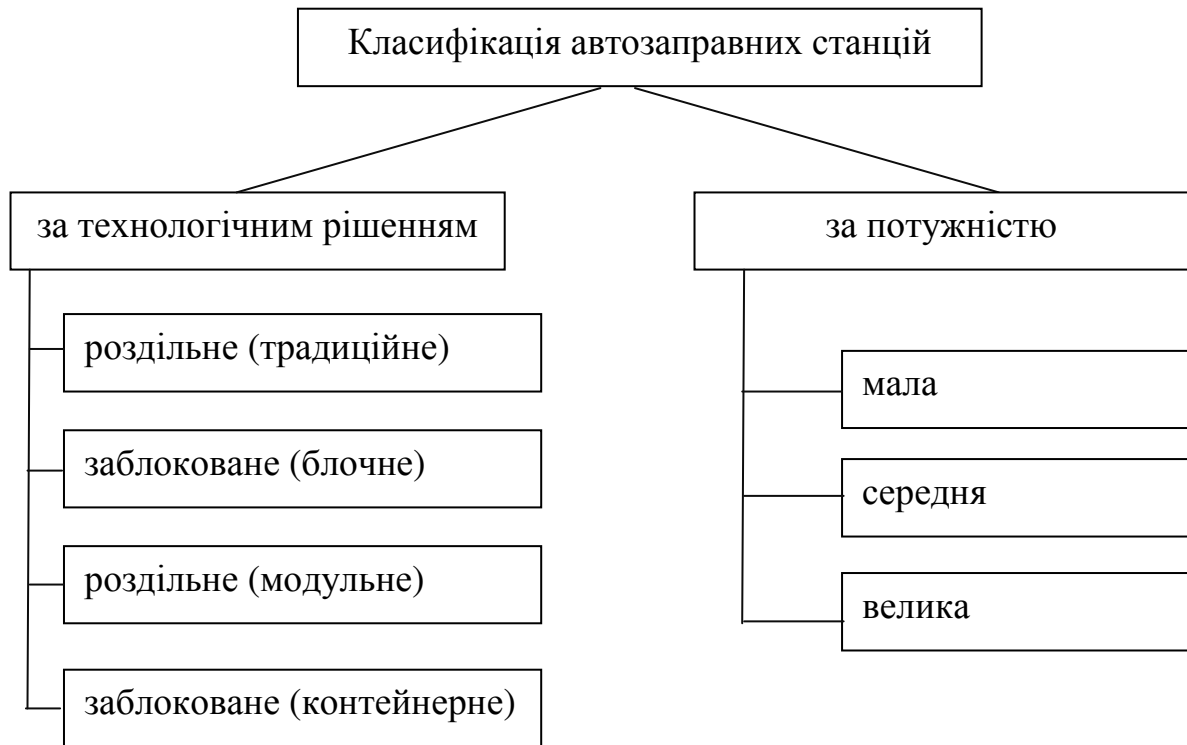


Рисунок 1.1 - Класифікація автозаправних станцій

Сучасна автозаправна станція це підприємство, яке пропонує цілий комплекс послуг. Варто зауважити, що автозаправна станція включає землю, розташовані на ній будівлі, господарські і інші споруди, обладнання, паливо, все, що необхідно для комплексного надання послуг власникам всіх видів транспортних засобів.

Основною особливістю українського ринку нафтопродуктів є високий ступінь його монополізації, що призводить до того, що ціноутворення визначається монополістами. Крім того, ще однією особливістю українського паливного ринку є те, що ціни на бензин в Україні ростуть, незалежно від світових цін на нафту. Ціни на бензин в Німеччині і Франції - нижче, ніж в

Україні, а якість бензину - на порядок вище. Це стосується як «брендового» палива класу «еліт», так і звичайного бензину марки А-95.

Український ринок АЗС представлений такими брендами: WOG, «ОККО», «ЛУКОЙЛ», Shell, «ТНК», SOCAR, «АВІАС», «КЛО», ANP, «Укртатнафта», «Укрнафта», «АВІАС плюс», «ЮКОН », Sentosa Oil, Rubix, «МАВЕКС », «ЗНП », «Юніон Трейд » та інші. Ряд АЗС продають нафтопродукти за ліцензійними договорами на право використання товарних знаків. Так, наприклад, Транснаціональна фінансово-промислова нафтова компанія «Укртатнафта» є власником товарних знаків «Укртатнафта», і надає дозвіл на їх використання третім особам (власникам АЗС).

Проаналізуємо більш детально стан розвитку роздрібної торгівлі паливом в Україні. Динаміку обсягів роздрібного продажу палива в Україні у розрізі основних видів нафтопродуктів (бензин моторний, газойлі (паливо дизельне) та пропан і бутан скраплені) за період з 2015 р. по 2019 р. за даними Державної служби статистики [7] представлено на рис. 1.2.

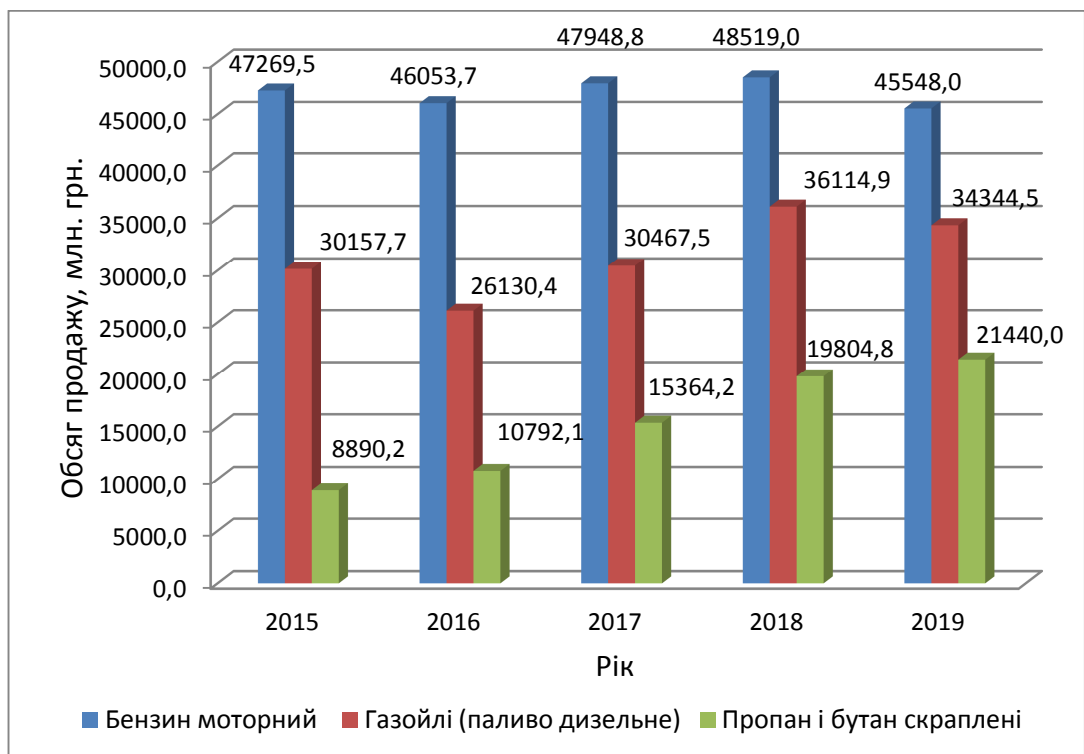


Рисунок 1.2 - Динаміка обсягів роздрібного продажу палива в Україні, 2015-2019 рр. [7]

Аналіз динаміка обсягів роздрібного продажу палива в Україні за останні п'ять років свідчить про те, що роздрібний продаж бензину у 2019 р. скоротився майже на 7 % у порівнянні з 2018 р. та майже на 4 % у порівнянні з 2015 р. Проте, обсяг роздрібного продажу дизельного палива збільшився у 2019 р. на 13,9 % у порівнянні з 2015 р. Також, за період з 2015 р. по 2019 р., обсяг роздрібного продажу пропану та бутану скрапленого збільшився у 2,4 рази. На нашу думку, однією з основних причин таких змін є зростання вартості бензину та дизельного палива.

Динаміку середніх цін на пальне у роздрібній торгівлі за даними Міністерства фінансів України [8] представлено на рис. 1.3.

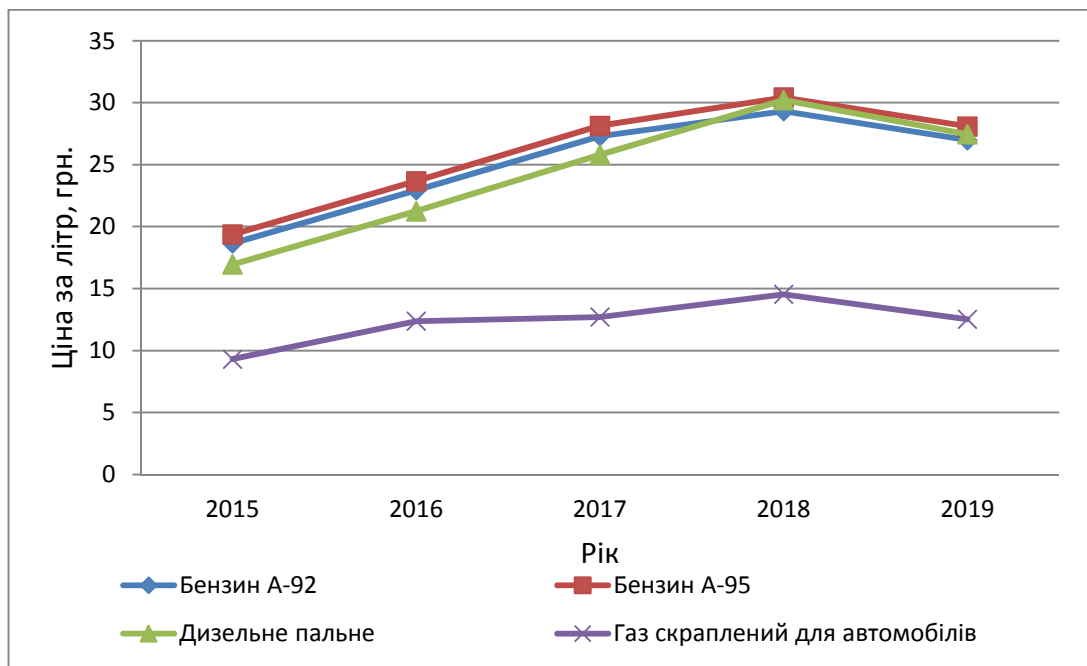


Рисунок 1.3 - Динаміка середніх цін на паливо у роздрібній торгівлі в Україні, 2015-2019 рр. [8]

За період з 2015 р. по 2018 р. відбулося зростання ціни на бензин марок А-92 та А-95 на 57 %, на дизельне пальне - на 78 % та на газ скраплений - на 56 %. У 2019 р. спостерігалася тенденція до зниження ціни у порівнянні з 2018 р. За цей період ціни на бензин марок А-92 та А-95 знизилися на 8 %, на дизельне пальне - на 10 % та на газ скраплений - на

14 %. Проте, ціна на бензин та дизельне пальне більш ніж у 2 рази більше ніж ціна на газ скраплений для автомобілів, тому, цілком природним є бажання автомобілістів обирати дешевший вид палива, навіть за умови додаткових витрат на переоблаштування автотранспортного засобу.

Враховуючи аналіз динаміки обсягів роздрібного продажу палива та зміни цін в Україні можна зробити висновок, що незважаючи на зростання цін попит на пальне не зменшується, тому роздрібна торгівля паливом залишається для бізнесу привабливою сферою діяльності.

За даними Державної служби статистики [9] кількість суб'єктів господарювання у сфері роздрібної торгівлі паливом за період у 2019 р. у порівнянні з 2015 р. майже не змінилася та складала 1961 од. та 1954 од відповідно. Динаміку кількості суб'єктів господарювання у сфері роздрібної торгівлі паливом за період з 2015 р. по 2019 р. представлено на рис. 1.4.

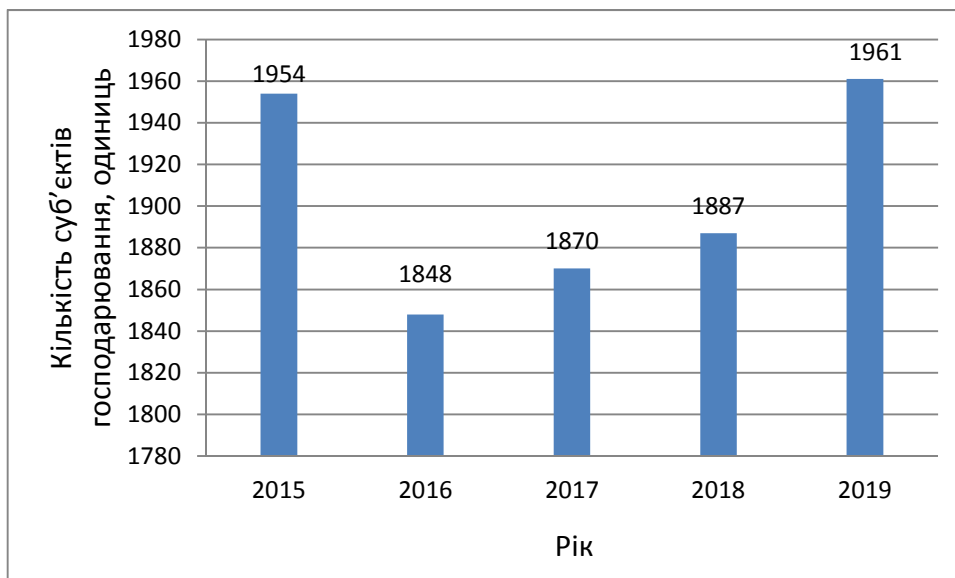


Рисунок 1.4 - Динаміка кількості суб'єктів господарювання у сфері роздрібної торгівлі паливом в Україні, 2015-2019 рр. [9]

Як можна побачити (рис 1.4) у 2016 р. спостерігалось скорочення кількості суб'єктів господарювання у сфері роздрібної торгівлі паливом у

порівнянні з 2015 р. на 6 %. Проте, у наступні роки кількість суб'єктів у цій сфері зростає.

Щодо кількості автозаправних станцій в Україні, то а даними Науково-технічного центру «Психея», який працює на ринку нафтопродуктів з 1996 р. в Україні у 2007 р. налічувалося 5075 одиниць АЗС. Серед них майже 4 % надавали супутні послуги, тобто були автозаправними комплексами. У 2012 р. кількість АЗС та АЗК зросла до 6320 од. та саном на 2015 р. кількість АЗС становило 5109 од., у більшій мірі це пов'язано з подіями в Україні у 2014 р. Отже, у порівнянні з 2007 р. кількість АЗС майже не змінилась [10]. За даними Аналітично-інформаційної компанії «Термінал» негативна динаміка на ринку автозаправного бізнесу розпочалась у 2014 році, коли кількість автозаправних станцій (комплексів) зменшилось на 900 од. і становило 6885 од. [11]. Станом на початок 2015 р. 68% автозаправного ринку в Україні контролювало десять компаній. Серед них групі Приват належало 1539 АЗС; WOG - 476; ОККО - 324 АЗС; АМІС належало 232 одиниці; БРСМ-Нафта - 146 АЗС; SHELL - 141 АЗС; ТНК належало 140 АЗС; SunOil - 123 АЗС; MARKET - 96 одиниць та Tarnett - 92 АЗС [12].

Станом на 2019 р. ситуація щодо десятки лідерів майже не змінилася, за виключенням того, що відбувся перерозподіл АЗС між групою Приват та Укрнафта. Кількість АЗС за брендами у 2019 р. в Україні представлено на рис. 1.5.

Одним із вагомих чинників, що впливають на вибір АЗС водіями є якість палива. АЗС отримують пальне як українського виробництва (Кременчуцький нафтопереробний завод, ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» АТ «Укрнафта») так із-за кордону.

Дослідження ніші бізнесу показують, що ринок АЗС поступово досягає піку свого насичення. Великі автозаправні станції зараз є навіть в невеликих населених пунктах, а якщо брати в розрахунок великі міста, то конкуренція тут просто величезна. Клієнти хочуть отримувати від постачальників палива якісний продукт.

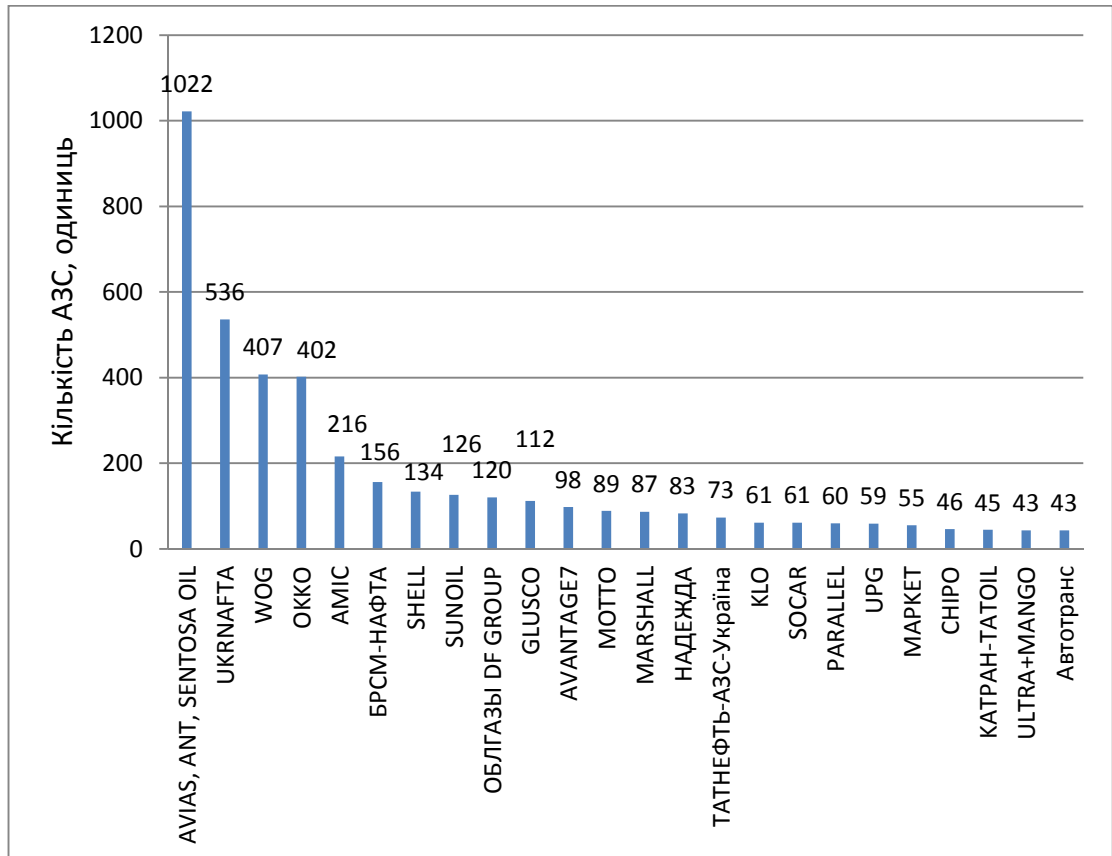


Рисунок 1.5 - Кількість АЗС за брендами у 2019 р. в Україні [13]

Наявність стійкого попиту на паливе обумовлює перспективність розвитку сфери роздрібної торгівлі, отже є привабливою сферою економічної діяльності для ведення бізнесу, в тому числі малого. Проте, автозаправна станція як бізнес має свої переваги та недоліки (рис. 1.6).

Крім того, існують певні загрози такому виду бізнесу як АЗС, а саме:

- зростання цін на паливо зі зниженням рівня попиту;
- стрибки по орендній платі або повне розірвання договору оренди площі під АЗС;
- зниження купівельної спроможності населення тощо.

Власник бізнесу може компенсувати частину ризиків за рахунок розширення можливостей, а саме за рахунок:

- збільшення асортименту послуг;
- співпраця з замовниками палива корпоративного характеру, що

дозволить знизити вартість палива;

– відкриття супутніх напрямків в бізнесі - кафе, міні ресторани тощо.



Рисунок 1.6 - Переваги та недоліки АЗС як бізнесу

Таким чином, аналіз стану розвитку роздрібної торгівлі паливом в Україні дозволяє зробити висновок, що АЗС є прибутковим видом економічної діяльності. Цьому ринку є притаманним високий рівень конкуренції, проте лідери залишаються незмінними.

1.2 Аналіз факторів, що впливають на розміщення автозаправних станцій

Місце розташування об'єктів роздрібно́ї торгівлі впливає на фінансовий результат їх діяльності. Перш ніж досліджувати фактори, що впливають на розміщення автозаправних станцій доцільно дослідити загальні засади розміщення об'єктів роздрібно́ї торгівлі. Постійний розвиток і оновлення роздрібно́ї торговельної мережі, вдосконалення її структури вимагає раціонального розміщення підприємств торгівлі. Концепція раціонального розміщення торговельних підприємств полягає в тому, що обирається найкращий варіант з існуючих варіантів, з урахуванням визначених умов, вимог, критеріїв. Такими критеріями, вимогами в концепції оптимального розміщення є:

- врахування інтересів споживачів (може бути реалізований через найбільш повне задоволення потреб або попиту населення, мінімізацію витрат часу на здійснення покупок тощо);

- врахування інтересів торговельних підприємств (забезпечення ефективності, рентабельності), прибутковості торгових підприємств), мінімізації капітальних витрат тощо) [14].

Основними методами раціонального розміщення роздрібних торговельних підприємств є рівномірний, ступінчастий і груповий (рис. 1.7).

Проте, метод рівномірного розташування є ринково невиправданим, оскільки враховується лише критерій щільності населення, а їх соціальний статус, рівень доходу та соціально-економічні фактори не беруться до уваги. У сучасних економічних умовах найчастіше використовують ступінчастий та груповий методи раціонального розташування об'єктів роздрібно́ї торгівлі.

При вирішенні питання щодо розміщення об'єктів роздрібно́ї торгівлі у населених пунктах важливо враховувати вплив різноманітних чинників.

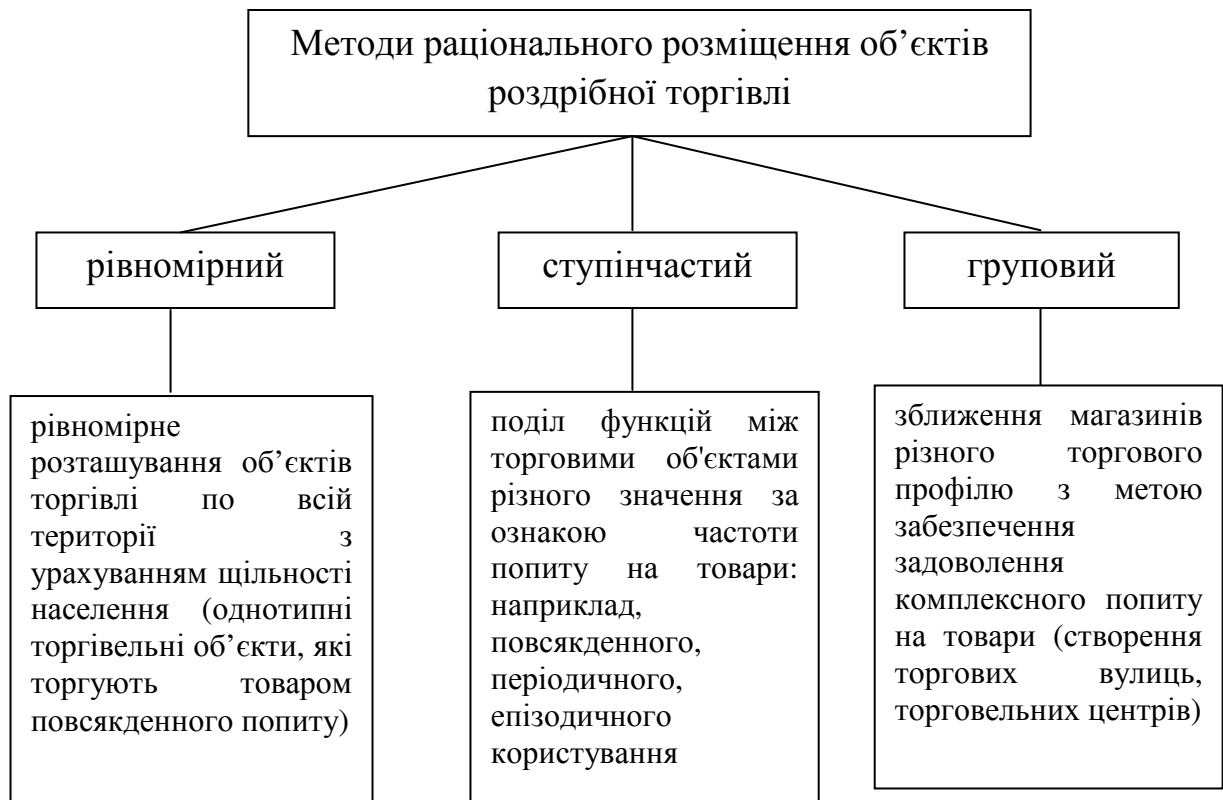


Рисунок 1.7 - Методи раціонального розміщення об'єктів роздрібно́ї торгівлі [15]

Основні фактори, що впливають на вибір місця розміщення об'єктів роздрібно́ї торгівлі представлено на рис. 1.8.

Сучасними принципами розміщення роздрібно́ї торговельної мережі є:

- принцип територіальної доступності - дотримання територіальної пішохідної та транспортної доступності об'єктів роздрібно́ї торгівлі з метою мінімізації витрат споживання, в тому числі зручність під'їзних шляхів та парковки, зближення з основними пішохідними і транспортними потоками;

- принцип стаціонарності - забезпечення населення, в першу чергу, послугами стаціонарних торгових об'єктів: дрібно роздрібна торгівля повинна виконувати лише допоміжну роль;

- принцип спеціалізації - розміщення торгової мережі з урахуванням тенденції універсалізації об'єктів торгівлі товарами повсякденного попиту і спеціалізації інших об'єктів [16].



Рисунок 1.8 - Основні фактори, що впливають на вибір місця розміщення об'єктів роздрібної торгівлі [17]

Розвиток паливо заправного комплексу в регіоні (АЗС) має ґрунтуватися на реалізації ряду принципів, серед яких особливе значення мають:

- принцип стабільності зростання числа АЗС, тобто розвиток системи АЗС в місті має максимально відповідати існуючим потребам у паливних ресурсах з урахуванням перспектив їх зростання у міру зростання парку автомобілів, за винятком особливих зон центральної частини міста;

- принцип «розумної достатності» АЗС в регіоні, розвиток АЗС в

регіоні має здійснюватися з дотриманням виконання ряду обмежень, в рамках збалансованості інтересів міста і виробників (продавців) палива;

– принцип безпеки, в основу розвитку системи АЗС в ТЗК закладається будівництво стаціонарних АЗС, що відповідають в максимальній мірі вимогам пожежної та екологічної захищеності міського середовища (принцип безпеки), а також враховують вимоги містобудування та архітектури, вимоги безпеки дорожнього руху та органів управління, що беруть участь в ухваленні рішення по створенню нових АЗС в місті.

Крім означених принципів розвитку паливо заправного комплексу необхідно диференційовано підходити до оцінки раціональності будівництва АЗС в Центральній (історичної) частини міста, а також в промислових зонах та зонах масової забудови міських територій, що досягається зміною вагових коефіцієнтів окремих факторів, що впливають на можливість будівництва АЗС, а також зміною самої послідовності оцінки. У разі розміщення АЗС в центральній частині міста, оцінка раціональності розміщення починається з попереднього аналізу вимог архітектурно-будівельних органів, екологічної, пожежної та інших видів безпеки (радіаційного, електромагнітної, шумності і гранично допустимих концентрацій шкідливих викидів), а потім оцінюються транспортні потоки на конкретній магістралях в зоні обслуговування АЗС, визначаються можливі обсяги реалізації палива, потенційна виручка від продажів і оцінюється раціональність розміщення нової АЗС, виходячи з порога рентабельності продажів, а також оцінюється вплив нової АЗС на найближчі діючі АЗС. У разі розміщення АЗС в промислових зонах та зонах масової забудови міських територій, показники архітектурно-будівельні, екологічної, пожежної та інших видів безпеки також оцінюються на попередньому етапі, але основними стають результати оцінки економічних блоків (визначення потреб, можливих обсягів реалізації, виручки від продажів, порогу рентабельності продажів і впливу нової АЗС на найближчі діючі АЗС).

Важливе значення для облаштування АЗС має дотримання санітарно-захисних зон та протипожежних відстаней. Санітарно-захисна зона це територія навколо небезпечного підприємства, в межах якої заборонено проживання населення та ведення господарської діяльності, розміри якої встановлюються у проектній документації. Технічні вимоги до розташування АЗС представлено у Додатку Б. Санітарно-захисні зони створюються навколо об'єктів, які є джерелами виділення шкідливих речовин, запахів підвищених рівнів шуму, вібрації тощо, щоб відокремити такі об'єкти від території жилої забудови. У межах таких зон забороняється будівництво житлових об'єктів, та об'єктів соціальної інфраструктури.

Основними критеріями географічного вибору перспективного місця розташування АЗС є:

- площа земельної ділянки;
- конфігурація земельної ділянки;
- рельєф та цільове призначення.

Варто також враховувати кількість АЗС, які доцільно розмістити у населеному пункті. Наприклад, при розміщенні АЗС у населених пунктах з кількістю населення понад 100 тис. осіб. Враховуючи вимоги до розміщення АЗС та наукові дослідження визначено певні принципи розташування АЗС (рис. 1.9).

Щодо кількості автозаправних станцій, що доцільно розміщувати у населеному пункті, як правило розраховують як одна АЗС на 50 тис. осіб. Також необхідно враховувати автомобільний потік, чим більшим є потік, тим більше попит на пальне, задовольнити який може більша кількість автозаправних станцій.

Отже, аналіз факторів, що впливають на розміщення автозаправних станції показав, що АЗС є досить специфічним об'єктом роздрібною торгівлі, при проектуванні яких потрібно врахувати багато факторів. Крім непростих процедур реєстрації підприємства АЗС, а також отримання документів на земельну ділянку під будівництво станції, непростим є також і власне

проектування такого об'єкту.

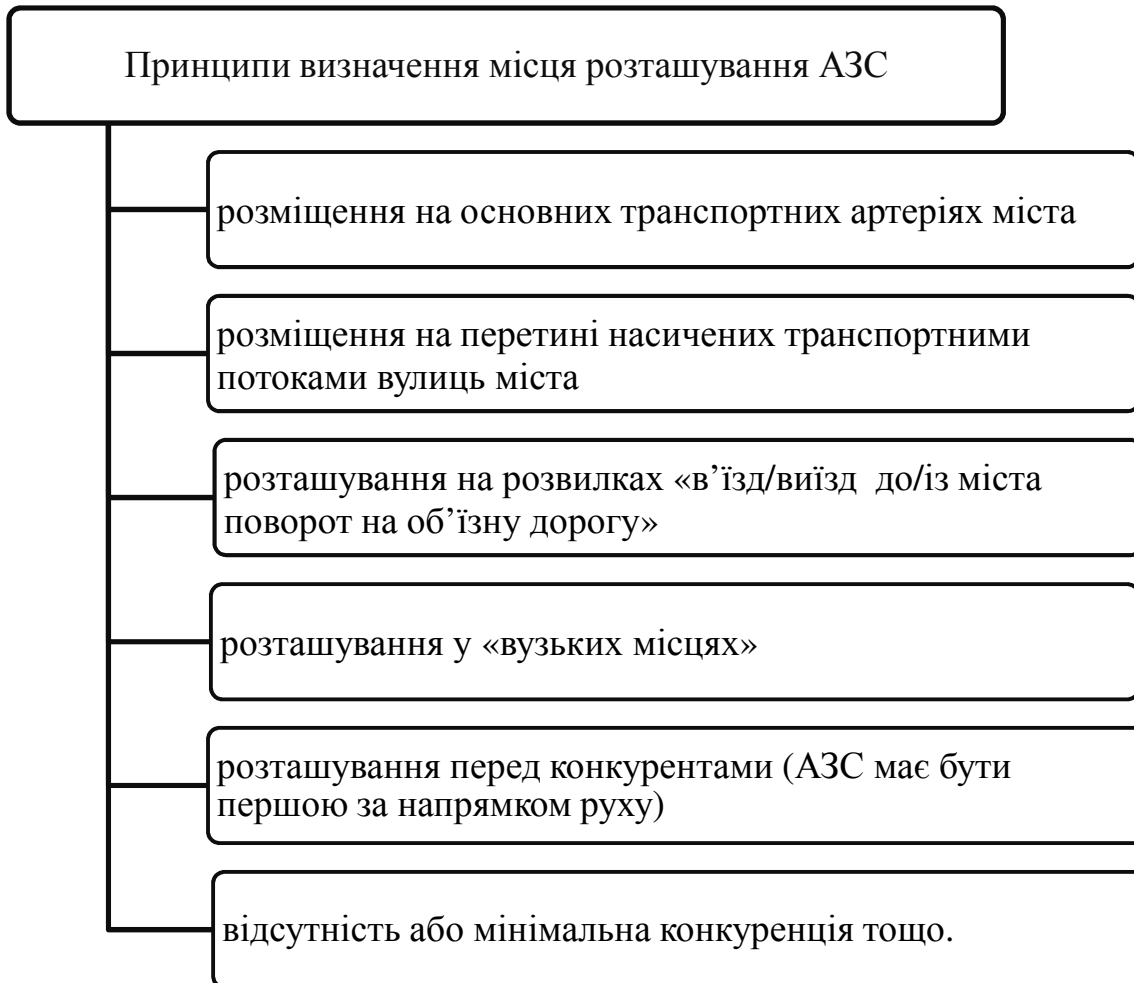


Рисунок 1.9 - Принципи визначення місця розташування АЗС

Сучасна АЗС має враховувати основні потреби власника, а також допомагати створювати комфортні умови для потенційних клієнтів.

У клієнтів АЗС в дорозі виникає багато інших потреб, крім заправки машини. АЗС як місце тимчасового зупинення здатна задовольнити безліч таких потреб: у відпочинку, комфорт, харчуванні, покупці різних товарів. Таким чином, маркетинг сучасних АЗС спрямований на задоволення цілого спектра потреб. Ефективне задоволення потреб відвідувачів визначає успіх АЗС в конкурентній боротьбі.

1.3 Огляд сучасних наукових досліджень щодо розміщення об'єктів роздрібної торгівлі пальним

Мережі автозаправних станцій забезпечують функціонування їх як об'єктів постачання кінцевих споживачів нафтопродуктами, супутніми товарами та послугами. Автозаправна станція як об'єкт дослідження представляє інтерес для різних наук. Фахівці транспортної сфери досліджують питання розміщення АЗС з урахуванням технічних вимог. У галузі дискретної оптимізації розв'язуються задачі розміщення об'єктів, в тому числі АЗС, з урахування багатьох критеріїв, що робить такі задачі NP-складними, а це вимагає розробки спеціальних алгоритмів пошуку оптимальних рішень.

З точки зору економіки, дослідників цікавить ефективність її функціонування, розробка маркетингових заходів, розширення асортименту послуг, покращення якості надання послуг. У свою чергу власників автозаправних станцій цікавить питання розміщення АЗС у тих місцях, де прибуток буде постійний та бажано високий. Отже, враховуючи такі тенденції зробимо спочатку огляд наукових досліджень питання розміщення АЗС з боку економіки, а потім - огляд наукових досліджень щодо зору розв'язання такого типу задач.

Прийняття зважених рішень в економічних дослідженнях вимагає застосування різноманітних підходів, що враховують різні критерії та інструментарій. Процес прийняття таких рішень може бути доволі різноманітним, але прийняття обґрунтованого рішення в сучасних умовах неможливе без використання математичних моделей та методів. Для використання адекватного математичного інструментарію необхідно сформулювати проблему та визначити до якого класу задач вона належить і тоді визначити які саме математичні методи доцільно застосовувати для її розв'язання.

Питання підвищення ефективності систем забезпечення нафтопродуктами досліджувалися А. А. Безродним [18], В. Г. Коваленко, Ф. М. Кантором, С. Р. Хабаровим, А. Д. Прохоровим, Д. В. Цагарелі та іншими. У роботах даних авторів, присвячених мережам автозаправних станцій, в якості об'єкта дослідження розглядалися, головним чином, системи забезпечення споживачів нафтопродуктами міжрегіонального або загальнодержавного рівнів. Поява нових видів автозаправного устаткування і моторних палив, неухильне зростання автотранспортних потоків, широке застосування автоматизованих систем управління і розвиток регіональних мереж АЗС викликають необхідність проведення системного аналізу і побудови нових моделей і методів для підвищення ефективності досліджуваних систем.

У дослідженнях А.А. Безродного [18].визначено, що відомі моделі і методи управління мережами АЗС часто потребують великого обсягу даних і стосуються об'єктів міжрегіонального або державного рівня або автоматизованих систем управління (АСУ) технологічним процесом. Науковець запропонував нові алгоритми та інформаційно-логічні схеми, що дозволяють приймати рішення з побудови структур і вибору керуючих впливів, оптимальних або найкращих за заданими критеріями при неповних і різномірних даних про досліджуваних системах, зовнішнє середовище та їх взаємодії [19].

А.А. Безродний запропонував методи вирішення завдань зменшення втрат від простоїв автотранспортних засобів і автозаправного устаткування на автозаправних станціях, раціонального розміщення мереж АЗС в місцях максимальної інтенсивності транспортних потоків з урахуванням параметрів АЗС [20]. У дослідженнях науковця представлено модель, алгоритм, інформаційно-логічна і кінцево-різницеві схеми виконання завдання динаміки потоків автотранспортних коштів на міських вулично-дорожніх мережах з використанням даних автоматизованих систем управління автозаправних станцій. А.А. Безродний запропонував моделі розміщення

АЗС в місцях максимальної інтенсивності потоків автотранспортних засобів з урахуванням характеристик вулично-дорожніх мереж [19].

У дослідженнях І.І. Колосової та І.В. Сідорова проаналізовано етапи становлення і розвитку перших автомобільних заправних станцій за кордоном; досліджено передумови виникнення автомобільних заправних станцій та принципи формування функціонального зонування і предметного наповнення території автомобільних заправних станцій. Розглянуто розвиток конструктивно-дизайнерських рішень автомобільних заправних станцій [21].

У науковій літературі значну увагу приділено розгляду автозаправних комплексів в якості компонентів інфраструктури ринку і об'єктів капітального будівництва, розвиток яких передбачає формування різних моделей та методів розвитку цілих мереж автозаправних комплексів. Ці питання висвітлено у працях вітчизняних вчених, а саме: Ю. Губаря, О. О. Дегтярьової [22], М. С. Дорожкіної [23], О.П. Карпій, П. І. Малеха та інших.

Дослідженню вибору місця розташування автозаправних комплексів присвячено праці Ю. Губаря [24]. Проте, автор розглядає це завдання з точки зору геодезії та пропонує методику розрахунку максимальних інвестицій в АЗС, як в об'єкт нерухомості, в залежності від обсягу реалізації палива.

Наукові дослідження П.І. Малеха [25] присвячено питанням розвитку підприємств сфери роздрібної торгівлі пальним. Автор удосконалив методику розрахунку ефективності капіталовкладень АЗС та удосконалив класифікацію факторів, що впливають на конкурентоспроможність АЗС. П.І. Малех визначив переваги автозаправних комплексів та розробив класифікацію видів послуг, що вони надають. Дослідник визначив граничні ймовірності станів, які дозволяють отримати відповідну систему лінійних алгебраїчних рівнянь для знаходження основних характеристик АЗК при заправці, мийці, технічному обслуговуванні і ремонті автозаправних засобів, що є дуже важливим моментом при вирішенні проблеми раціонального розміщення АЗК [25].

П.І Малех ґрунтовно дослідив проблеми створення автостанційних комплексів та запропонував структуру прогнозування прибутку підприємств автосервісу за видами послуг, яка може бути використана при аналізі проектів будівництва нових автостанційних комплексів або їх реконструкції. Авторські розрахунки довели, що величина додаткових прибутків, що отримані від надання клієнтам додаткових послуг залежить від місця розташування автозаправних комплексів та якості наданих послуг. Отже, важливим фактором, що впливає на результати підприємницької діяльності АЗС є місце її розміщення.

Проаналізувала автозаправний ринок України О.П. Карпій [26]. Дослідниця розглянула критерії, які впливають на вибір автовласниками заправної станції та проаналізувала залежність якості палива від джерела його походження; дослідила динаміку змін цін на пальне. Крім того, О.П. Карпій дослідила структуру ринку АЗС та територіальне їх розміщення по Україні, проаналізувала структуру послуг, пропонованих автозаправними комплексами [27].

Дослідженню проблем оптимального розміщення ресурсів присвячені численні роботи вітчизняних та зарубіжних вчених. Велика розмірність та специфіка задач вимагає використання при їх розв'язуванні декомпозиційних підходів [28], усунення з розгляду тих частин області допустимих розв'язків, що гарантовано не містять оптимального розв'язку задачі [29], використання мета евристичних алгоритмів [30]. Як правило задачі оптимального розміщення ресурсів, вибору параметрів розбудови об'єктів, планування робіт, прийняття рішень про розміщення об'єктів в кожному конкретному випадку мають характерні особливості, що враховуються при формалізації у вигляді задач оптимізації та при розробці алгоритмів їх розв'язування [31-35]. Вказані особливості задачі розміщення придорожньої інфраструктури впливають на вигляд математичної постановки, яка виявляється схожою із задачею про посередника через використання булевих та цілочисельних змінних, обмежених на інтервалах, нелінійної цільової функції [36]. Тому для

розв'язування даної задачі О.В. Заславська запропонувала декомпозиційний алгоритм [37].

Клас задач розміщення цікавий як з практичної, так і з теоретичної точки зору, про що свідчить велика кількість робіт, присвячених даним завданням. Серед них в першу чергу варто відзначити роботи Г.Г. Забудського, Ю.А. Кочетова, А.В. Пашокова А.В. Єремєєва, В.Д. Береснева, В.Т. Дементьєва, Ю.Б. Гермепера, Ю.В. Шамардіна, В.Д. Кондратьєва, А.А. Колоколова, А.А. Агєєва, А.С. Антипина, О.В. Хамісова та інших. На сьогоднішній день область дискретної оптимізації, пов'язана з завданнями розміщення, активно розвивається. Ведуться дослідження нових постановок завдань, розвиваються точні і наближені методи їх вирішення, виділяються поліноміально розв'язні випадки.

Завдання розміщення об'єктів різного виду становлять широкий клас задач дискретної оптимізації. можливі різноманітні постановки задач оптимального розміщення в залежності від того, які обмеження є суттєвими, і які критерії оптимальності обрані [38]. прикладом є задача розміщення станцій технічного обслуговування з урахуванням обмежень на число станцій, розташованих в одному регіоні. У роботах В.Д. Кондратьєва розглянуто ряд постановок задач, які враховують синергетичний ефект від розміщення об'єктів різних типів в одному пункті.

У дослідженнях А.А. Колоколова описано алгоритми для розв'язання частково цілочисельних задач виробничо-транспортного типу, засновані на ідеї декомпозиції Бендерс і методу спрямованого перебору. У роботі [39] дослідник запропонував декомпозиційні алгоритми для найпростішої задачі розміщення, задачі про r -медіану і деяких інших постановок, в яких поряд з відсіканнями Бендерс для розв'язання целочисленної підзадачі використовується лексикографічний перебір L -класів.

Питання пошуку оптимальних рішень оптимізаційних задач є предметом багаторічних досліджень І.В. Козіна [40]. Науковець досліджував еволюційні моделі для пошуку наближених рішень оптимізаційних задач.

І.В. Козіним встановлено властивості моделей, пов'язані з поняттям спадковості; показано зв'язок між спадковістю і геометричними властивостями кросовера в еволюційних моделях; досліджено фрагментарні (мозаїчні) моделі дискретних оптимізаційних задач. На основі поняття фрагментарної структури І.В. Козін запропонував універсальну еволюційно-фрагментарну модель для пошуку наближених розв'язків задач дискретної оптимізації [40].

У дослідженнях А.Н. Кочкарова та А.Н. Кочкарової [42] визначено, що сучасні дослідження складних систем таких, як інформаційні, електроенергетичні, Інтернет, комунікаційні системи виявляють, що структури цих систем за визначенням часу передбачають певні зміни, визиваючи різні зовнішні обставини. Структуру систем (виробничої, соціальної, соціально-економічної, технічної, хіміко-біологічної та інших) можна представити у вигляді графу. Граф - це абстрактний об'єкт, як правило, вершини графа відповідають елементам системи, а ребра - зв'язок між елементами цієї системи. Зміни структури системи можуть бути єдиноразовими, а можуть бути постійними. Для другого випадку, вводиться поняття структурної динаміки - зміна структури системи з часом. Для опису структурної динаміки, на думку А.Н. Кочкарова та А.Н. Кочкарової, краще всього підходить апарат передфрактальних графів. Одним з найбільш поширених сценаріїв структурних динамік є зростання структур. Зміна структур - це регулярне поява нових елементів і зв'язок у структурі систем. Зміна структури може проходити за строго сформульованими правилами, не виключаючи наявності у них випадкового фактора. Автори розглядають одне з можливих правил задання структурної динаміки складних систем.

Формальним представленням змін структурних систем за цим правилом є самостійні графи великих розмірів, що називаються фрактальними (передфрактальними). При формулюванні завдань планування та проектування містяться вимоги та критерії оптимальності шуканого плану. Дуже часто ці критерії та вимоги є протилежними друг до друга. Що

призводить до появи багатокритеріальної постановки оптимізаційної задачі. Розглянутий клас передфрактальних графов та багатокритеріальна постановка завдань розміщення центра на M -введеному передфрактальному графі. Дослідники розраховували оцінка радіального критерію префрактальних графов та запропонували алгоритм розміщення центру передфрактального графа при збереженні суміжності старих ребер. Рішення завдань могло бути застосовано при оптимізації розмірів авіаційних та залізнично-транспортних вузлів, скорочення і маршрутизації потоків, у створенні інформаційно-комунікаційних мереж із заданими характеристиками надійності та стійкості.

Питання побудови математичної та імітаційної моделей оптимального розміщення об'єктів висвітлено у наукових працях А.В. Катренко та Т.І. Антоняк [42]. Авторки запропонували класифікацію задач та методів розв'язання задач розміщення об'єктів. Дослідили формальні моделі задач розміщення об'єктів та алгоритми їх розв'язання та обґрунтували застосування методу імітаційного моделювання для отримання оптимальних та субоптимальних розв'язків задач такого типу. Модифіковано математичне формулювання узагальненої моделі розміщення об'єктів та розроблений алгоритм імітації процедури розміщення з урахуванням двох критеріїв якості. Дослідниці зазначають, що методи імітаційного моделювання дозволяють ефективно вирішувати завдання розміщення об'єктів.

М Д. Холланд довів, що природні генетичні алгоритми є ефективним засобом пошуку рішень різних оптимізаційних задач та вони не є випадковими, а враховують певні закономірності [43]. Генетичний алгоритм є більш ефективним інструментом пошуку порівняно з класичними методами оптимізації в тих випадках, коли область допустимих рішень може бути достатньо великою і негладкою (можуть існувати точки розриву, тобто бути дискретною); може існувати декілька локальних оптимумів; задача не вимагає знаходження надточного глобального оптимуму. Генетичний алгоритм є своєрідною комбінацією методу повного перебору й градієнтного методу.

Питання вибору місця розташування логістичних об'єктів у визначених межах географічного простору висвітлено у працях вітчизняних і закордонних учених В. Алькеми, Б. Анікіна, А. Гаджинського, Д. Уотерса, Д. Шапіро та інші. Практично всі науковці схиляються до думки, що при виборі доцільного місця розташування об'єкту необхідним є врахування економічного фактору, що породжується витратами на транспортування продукції від виробника до кінцевого споживача. При виборі місця розташування об'єктів роздрібної торгівлі особливу увагу необхідно звернути на тополого-ресурсні фактори та фактори організаційно-управлінського характеру.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРО РОЗМІЩЕННЯ

2.1 Задача про розміщення: класифікація, математичні методи розв'язання

Задачі територіального розміщення різноманітних об'єктів є поширеними та актуальними в наш час і мають масовий характер. Наприклад, підприємства громадського харчування, роздрібної торгівлі, побутового обслуговування та інші об'єкти обслуговування мають бути розташовані так, щоб населення отримувало відповідні послуги з певним ступенем доступності, враховуючи це, чим більше об'єктів тим краще. З іншого боку, чим менше таких підприємств в регіоні обслуговування, тим вони більші і, отже, собівартість їх утримання нижча, тобто існує певна суперечність між доступністю та рентабельністю.

Завдання розміщення пов'язані з вирішенням проблем найкращого розташування в певних регіонах таких систем обслуговування, як: торгові центри, пости пожежної охорони, мережі автозаправних станцій, філій банків, будівельних, транспортних компаній, поштових відділень, аеропортів, складів тощо. Математична структура завдання розміщення визначається конфігурацією області допустимих точок і способом оцінки якості розміщення.

Ці приклади доповнює ряд завдань, пов'язаних з розміщенням виробничих потужностей нафтогазовидобувних підприємств, металургійних комплексів, транспортних вузлів, це типові завдання задач про розміщення з певним набором критеріїв вибору.

Одним з перших проблему розміщення формалізував А. Вебер, який у формальному вигляді представив задачу про розміщення однієї комори відносно множини споживачів, що розташовані на площині. Оскільки задачі

розміщення об'єктів повинні враховувати багато часто несумісних критеріїв, то вони набувають вигляду багатокритеріальних. Тобто, задачі про розміщення з багатьма критеріями є складними для розв'язання за допомогою класичних методів оптимізації. Приклади дискретних задач про розміщення представлено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Приклади дискретних задач про розміщення [44,45]

Задача про розміщення без обмежень на потужності підприємств зустрічається в літературі під різними назвами: задача вибору оптимального ряду виробів одноразового використання; найпростіша задача стандартизації та уніфікації; задача оптимізації параметрів однорідної технічної системи; задача розміщення філій банку; задача розміщення складів; задача розміщення підприємств [45].

Задача про розміщення допускає різні інтерпретації, що породжує науковий та практичний інтерес до її дослідження. Незважаючи на те, що

задачі розміщення об'єктів дуже поширені, єдиної їх класифікації не існує. Окремі автори, наводячи класифікації, все ж не виділяють класифікаційних ознак, а іноді змішують в одній класифікації такі різнорідні поняття, як методи, моделі та системи. Найпершим завданням у цьому випадку є формулювання множини класифікаційних ознак. Для задач розміщення такими ознаками, на думку А.В. Катренко, Т.І. Антоняк [42], є:

- простір розміщення об'єктів,
- кількість об'єктів розміщення,
- вид об'єктів розміщення.

Звичайно, існують й інші ознаки, але наведені є одними з найважливіших, класифікацію задач про розміщення представлено на рис.

2.2.

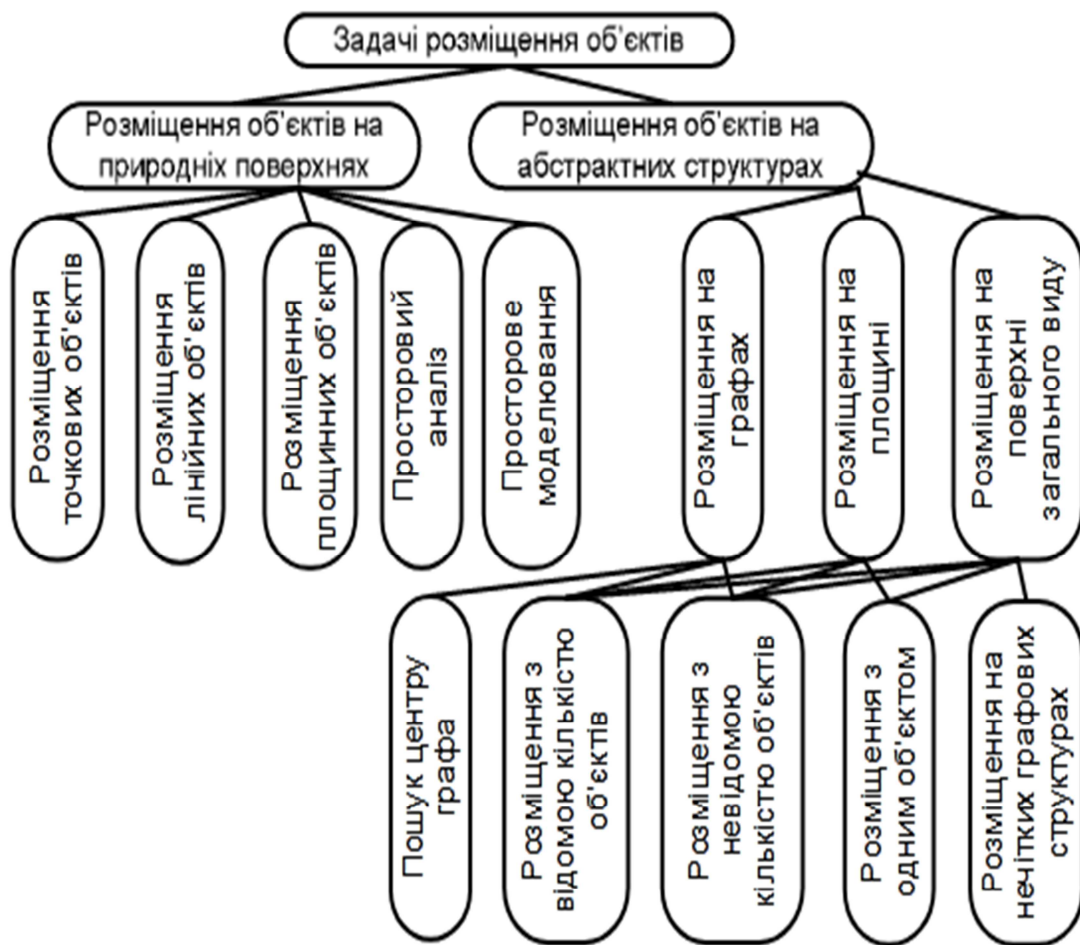


Рисунок 2.2- Класифікація задач розміщення об'єктів [42]

Задачі розміщення точкових об'єктів зазвичай стосуються розміщення одного об'єкта. Одним з методів розв'язання цієї задачі про розміщення є метод потенціалів. Розташування лінійного об'єкту (наприклад, практичні задачі розміщення газопроводу, лінії електропередач) потребує вивчення рельєфу поверхні, інших особливостей місцевості. У такому випадку прості методи розв'язання задачі про розміщення використовувати неможливо.

У свою чергу, розташування площинних об'єктів (як, наприклад, мережа станцій обслуговування, автозаправних станцій, що охоплюють певну територію), відноситься до задач про оптимальне покриття.

Сутність розв'язання задачі розміщення об'єктів у просторі полягає в тому, що за відомими умовами розміщення та соціально-економічними характеристиками території, знаходять оптимальний розв'язок. Крім того, результати просторового моделювання можна візуалізувати, наприклад, представити у вигляді карти розміщення. Такі задачі значно спрощують формалізацію практичних задач розміщення.

Задачі у яких відома кількість об'єктів, що необхідно розмістити, відносяться до задач розміщення на графах. Цей клас задач є одним з найбільш досліджених. Такі задачі зводяться до пошуку центра графа (або у вершинах, або на ребрах). У випадку, якщо кількість об'єктів, що необхідно розмістити, є невідомою, то для розв'язання таких задач використовують методи кластеризації та методи знаходження центрів графа.

Проте, у багатьох випадках задачі розміщення на площині зводяться до дискретних задач математичного програмування з великою розмірністю. Та навіть за наявності одного критерію оптимальності можливість застосування традиційних методів розв'язання таких задач є обмеженою. Ускладнює задачу введення додаткових умов про наявність «заборонених» для розміщення областей. Ще більш складнішими є задачі про розміщення у просторі (на поверхні), у більшості випадків їх намагаються звести до задач розміщення на площині.

При розв'язанні задач про розміщення використовують як формальні,

так і неформальні критерії оптимальності, а саме:

- критерій сумарних витрат;
- рейтингові критерії;
- критерій транспортних витрат;
- критерій доступності послуг;
- критерій суми відстаней від постачальників/клієнтів з урахуванням попиту;
- кількість об'єктів, що необхідно розмістити.

Розглянемо коротко кожен з наведених критеріїв. Сутність критерію сумарних витрат полягає в тому, що потрібно для кожної альтернативи знайти сумарні витрати розміщення нового об'єкта та обрати те місце, у якому ці витрати будуть мінімальними.

Рейтингові критерії ґрунтуються на рейтингових шкалах розв'язання задачі про розміщення полягає у максимізації сумарного рейтингу. Проте, варто зазначити, що рейтингові шкали - це шкали порядку, які не передбачають арифметичних операцій, крім того, спроби «зважити» рейтингові оцінки є невиправданими.

У задачах про розміщення об'єктів використовують критерій транспортних витрат. Цей критерій кількісний та оптимальний розв'язок визначається за умови мінімізації транспортних витрат.

Ще один критерій, який застосовують у задачах про розміщення є критерій доступності послуг. Цей критерій частково кількісний, частково якісний. Кількісно його можна визначити за допомогою показника «кількість споживачів», а якісно - наприклад, показником «якість обслуговування», що можна оцінити експертним шляхом.

Однак, одним з найчастіше використовуваних у задачах про розміщення критеріїв - є критерій «центра ваги», якій має багато інтерпретацій. Наприклад, на практиці, його застосовують для оптимізації розміщення розподільних центрів чи складів зберігання. У такому разі місце розташування об'єкта визначається як координати центра ваги потоків

товарів, які мінімізують транспортні витрати:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n V_i x_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n V_i y_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (2.1)$$

де X, Y - координати центра ваги, V_i - об'єм постачання продукції з i -го місця розташування, x_i, y_i - координати i -го постачальника (клієнта). Обмеженість використання цього критерію обумовлена тим, що відстані розраховують за прямими, а це можливо лише за умови розвиненої мережі шляхів.

Однією з інтерпретацій цього критерію є введення додаткових вагових коефіцієнтів, проте адекватної процедури визначення вагових коефіцієнтів не існує.

Критерій суми відстаней від постачальників/клієнтів з урахуванням попиту P_i до координат складу, який має бути мінімальним:

$$R(x, y) = \sum_{i=1}^n P_i \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2} \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

де X, Y - координати складу, x_i, y_i - координати i -го постачальника.

Також, як критерій обирають кількість об'єктів, які необхідно розмістити. Цей критерій використовують з метою зменшення витрат на обслуговування, отже він має бути мінімальним.

Всю сукупність алгоритмів розміщення можна розділити основні групи (рисунок 2.3).

До першої групи належить, перш за все, метод гілок та границь для задачі квадратичного призначення, до якої за певних спрощення зводиться задача розміщення: набір позицій вважається фіксованим, елементи

розглядаються як геометричні точки, схема з'єднань представляється зваженим графом з'єднань. Інший клас моделей пов'язаний з оптимізацією розміщення на безперервній площині, коли набір позицій для установки заздалегідь не фіксований. Третя та четверта групи включають наближені алгоритми, в основному призначені для оптимізації розміщення елементів у фіксованому наборі позицій.

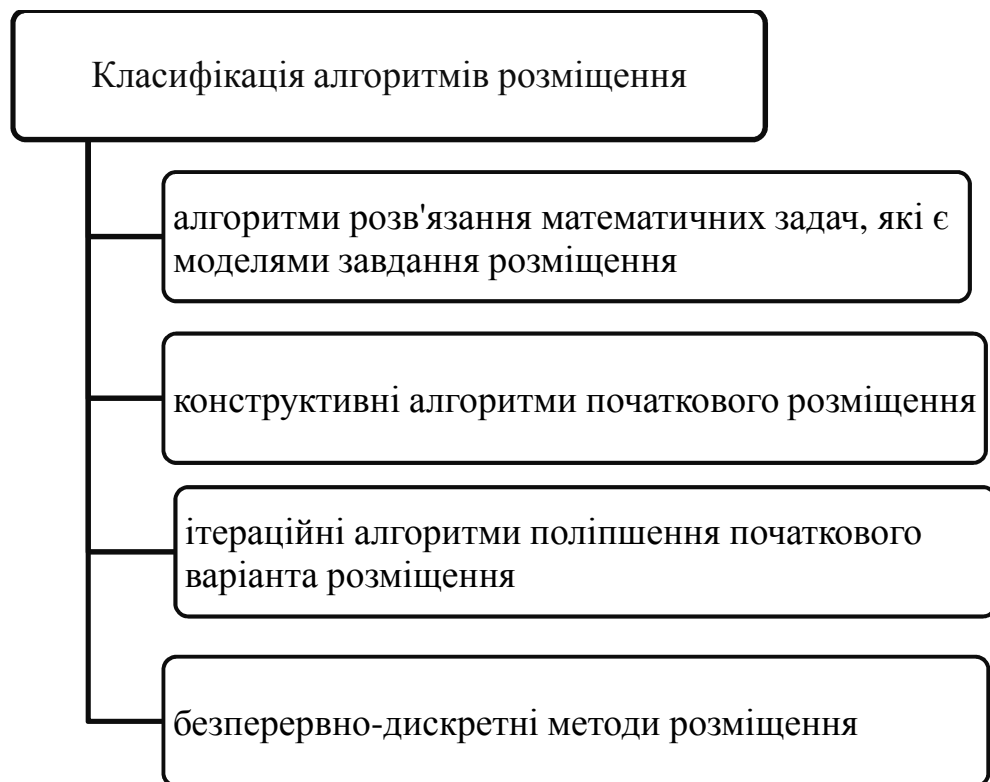


Рисунок 2.3 - Класифікація алгоритмів розміщення [44]

Характерною особливістю конструктивних алгоритмів є те, що вони створюють розміщення. Ітераційні алгоритми припускають завдання початкового розміщення. Конструктивні алгоритми використовують послідовний або паралельно - послідовний процес установки елементів в позиції при локальній оптимізації функції - критерію розміщення. В ітераційних алгоритмах проводиться перерозміщення елементів або їх груп з метою мінімізації обраного критерію. Ці алгоритми вимагають істотних витрат машинного часу і використовуються для отримання остаточного

розміщення. Основною областю застосування безперервно - дискретних методів розміщення є конструкції, в яких позиції для установки елементів заздалегідь не фіксовані. Вихідною базою для побудови алгоритмів даної групи є безперервні моделі і механічні аналогії завдання розміщення.

При використанні безперервно-дискретних методів задача розв'язується у два етапи. На першому етапі визначаються координати місця розташування центрів елементів, при яких цільова функція приймає екстремальні значення, (ця координата носить безперервний характер), тобто центри елементів можуть виявитися в будь-яких місцях плати. На другому етапі - отримана координата округляється до фіксованого значення координатної сітки, (ця координата носить дискретний характер).

Гradientні методи розв'язання задачі про розміщення зводяться до мінімізації сумарної зваженої довжини з'єднань, яка є цільовою функцією (gradient в точці (x, y, z) це вектор, довжина якого дорівнює найбільшому значенню похідної по напрямку, і який спрямований так само, як і вектор, відповідний максимального значення похідної по напрямку в точці (x, y, z)).

Переваги gradientного методу: невеликі витрати машинного часу плюс наявність стандартних програм для розв'язання задачі.

Недоліки gradientного методу: можливість отримання лише локального екстремуму, низька ефективність при пологом екстремумі, велика нерівномірність розміщення об'єктів на площині.

Ефективність даного методу підвищується, якщо його застосувати спільно з методом випадкового пошуку («розкидання» точок по площині).

Сутність методу побудови динамічних моделей полягає в тому, що завдання розміщення зводяться до подання системи об'єктів у вигляді системи матеріальних точок, на кожну з яких діють сили тяжіння і відштовхування. Сила тяжіння пропорційна числу зв'язків між відповідними елементами, а сила відштовхування вводиться штучно для запобігання злиття двох точок в одну. Рішенням задачі є таке розміщення елементів (розташування об'єктів), при якому рівнодіюча всіх сил дорівнює нулю.

Переваги методу побудови динамічних моделей: можливість знаходження глобального екстремуму, можливість зведення задачі до процедур, для яких вже є стандартні чисельні методи.

Недоліки методу побудови динамічних моделей: трудомісткість і складність реалізації методу при великому числі елементів, необхідність попереднього фіксування позицій частини елементів для запобігання нерівномірності їх розміщення на площині.

Ці методи найбільш ефективні для розміщення об'єктів різного розміру.

Дискретні методи використовують для розв'язання задач розміщення елементів на фіксованому числі посадочних місць, розташованих у вузлах координатної сітки. Розглянемо загальну постановку задачі дискретної оптимізації (екстремальних задач комбінаторного типу) [25]. Необхідно визначити множину Q допустимих рішень (комбінацій). В якості таких комбінацій можуть виступати перестановки n чисел (число можливих рішень $n!$).

Для кожної комбінації визначена функція, тобто є алгоритм обчислення функції цієї для будь-якого значення з Q . Необхідно визначити комбінацію для якої цільова функція приймає максимальне або мінімальне значення. Складність розв'язання задач дискретної оптимізації полягає в тому, що число допустимих рішень експоненціально зростає із зростанням розмірності задачі n . Тому простий перебір всіх рішень неможливий при великих n . Отже, такі задачі відносяться до класу NP -складних задач, для яких доведено, що не існує точних методів їх розв'язання, відмінних від перебору.

Сутність алгоритму випадкового пошуку полягає в тому, що розміщення відбувається на основі випадкового початкового розміщення елементів і послідовного/ітераційного розміщення елементів, пов'язаних з уже встановленими елементами.

Алгоритм призначення зводиться до призначення певних елементів в певні позиції координатної сітки з урахуванням досягнення екстремо цільової

функції. Завдання може вирішуватися як система управлінь.

Переваги алгоритму призначення: розроблено багато програмного забезпечення для реалізації цих методів.

Недоліки алгоритму призначення: трудомісткість рішення при великій розмірності.

Евристичні методи розв'язання задач про розміщення зводяться до алгоритмічної реалізації того чи іншого прийому (евристика), яка може привести до раціонального результату.

Переваги евристичних методів: як правило, невеликий час розв'язання задачі.

Недоліки евристичних методів: в рідкісному випадку призводять до оптимальних результатів.

Опис загальної задачі розміщення об'єктів із використанням термінології дискретних задач про розміщення має такий вид.

Нехай множина $I = \{1, \dots, I\}$ задає перелік можливих пунктів розміщення підприємств по виробництву деякого однорідного продукту. У будь-якому з пунктів $i \in I$ можна відкрити підприємство і величина $c_i \geq 0$ задає відповідні витрати. Відкрите підприємство може виробляти продукцію для споживачів в необмеженій кількості.

Перелік споживачів задається множиною $J = \{1, \dots, J\}$. Для кожної пари ij відома величина $g_{ij} \geq 0$ витрат на виробництво і доставку продукції споживачеві. Завдання полягає в тому, щоб знайти таку множину підприємств, що відкриваються, яка з мінімальними витратами дозволяє задовольнити потреби всіх споживачів. З використанням введених позначень оптимізаційна постановка задачі має вигляд:

$$F(S) = \sum c_i + \sum \min g_{ij} \rightarrow \min . \quad (2.3)$$

Сформульована задача є узагальненням відомої задачі про покриття множинами [44] і, отже, відноситься до числа *NP*-складних в сильному сенсі.

Для розв'язання найпростішої задачі розміщення розроблені точні алгоритми, наближені алгоритми з гарантованими оцінками точності, Лагранжеві евристики, імовірнісні ітераційні алгоритми локального пошуку, знайдено поліноміально розв'язувані класи задач. Більш детально огляд результатів розв'язання представлено в роботі [45].

2.2 Теорія графів як засіб розв'язання задач про розміщення

Як було розглянуто у попередньому підпункті існує багато різноманітних задач про розміщення, і у науковій літературі приведено методи їх розв'язання.

У цьому підпункті обмежимося розглядом тільки таких задач про розміщення, для яких областю допустимих точок розміщення центрів обслуговування є деякий граф, тобто ці центри можуть розташовуватися в будь-якій вершині або на будь-якій дузі графа. Граф можна визначити як набір вершин (точок) і дуг, що з'єднують деякі з них. Незважаючи на простоту, основні алгоритми теорії графів є потужним засобом розв'язання оптимізаційних задач, багато завдань планування і управління в економічних системах можуть бути сформульовані як оптимізаційні задачі теорії графів.

Граф - абстрактний математичний об'єкт, який представляє собою множину вершин графа і набір ребер, тобто з'єднань між парами вершин [46].

Існує багато способів представлення графа.

Перерахування елементів. Виходячи з визначення, для того, щоб задати граф, досить перерахувати його вершини і ребра (тобто пари вершин).

Зображення. Якщо граф невеликий, його можна представити графічно. У неорієнтованому графі ребра зображуються лініями, в орієнтованому - стрілками. Зображення графа представлено на рисунку 2.4.

Матриця суміжності. Нехай G - граф з n вершинами, пронумерованими числами від 1 до n . Матриця суміжності - це таблиця з n рядками і n стовпцями, в якій елемент, що стоїть на перетині рядка з номером i та стовпці

з номером j , дорівнює 1, якщо вершини з номерами i та j суміжні, і 0, якщо вони не суміжні.

Матриця інцидентності. Нехай G - граф, вершини якого пронумеровані числами від 1 до n , а ребра - числами від 1 до m . У матриці інцидентності рядки відповідають вершинам, а стовпці - ребрам. На перетині рядка з номером i та стовпця з номером j знаходиться 1, якщо вершина з номерами i є інцидентною до ребра з номером j , тобто суміжною, і 0 в іншому випадку.

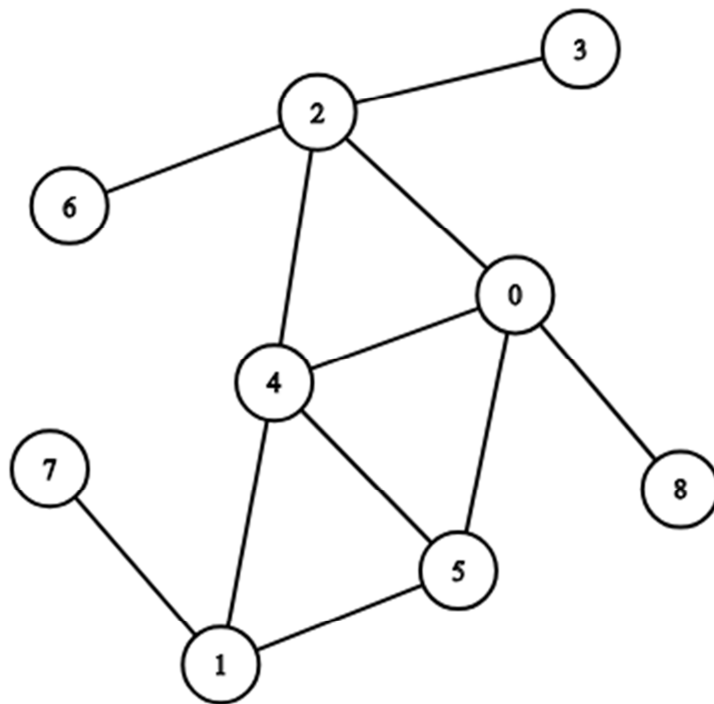


Рисунок 2.4 - Приклад зображення графа.

Як було зазначено вище, у задачах про розміщення використовують два основних критерії оцінки якості розміщення: мінімізація максимальної відстані і мінімізація суми відстаней. Відповідно маємо дві основні задачі. Задача пошуку точки розміщення, обраної відповідно до критерію мінімізації максимальної відстані. Така задача називається задачею пошуку центру графа. Друга задача - це задача пошуку точки, що обирається за критерієм мінімізації суми відстаней. Така задача зводиться до задачі пошуку

медіани графа.

Перш ніж ввести визначення тих, що будемо розглядати, типів розміщень, слід ввести деякі визначення, необхідні для опису точок на дугах і різних відстаней в графі.

Формалізація задач розміщення об'єктів на прикладі задачі про розміщення центра (центрів) графа. Практичні приклади таких задач представлено на рисунку 2.5.

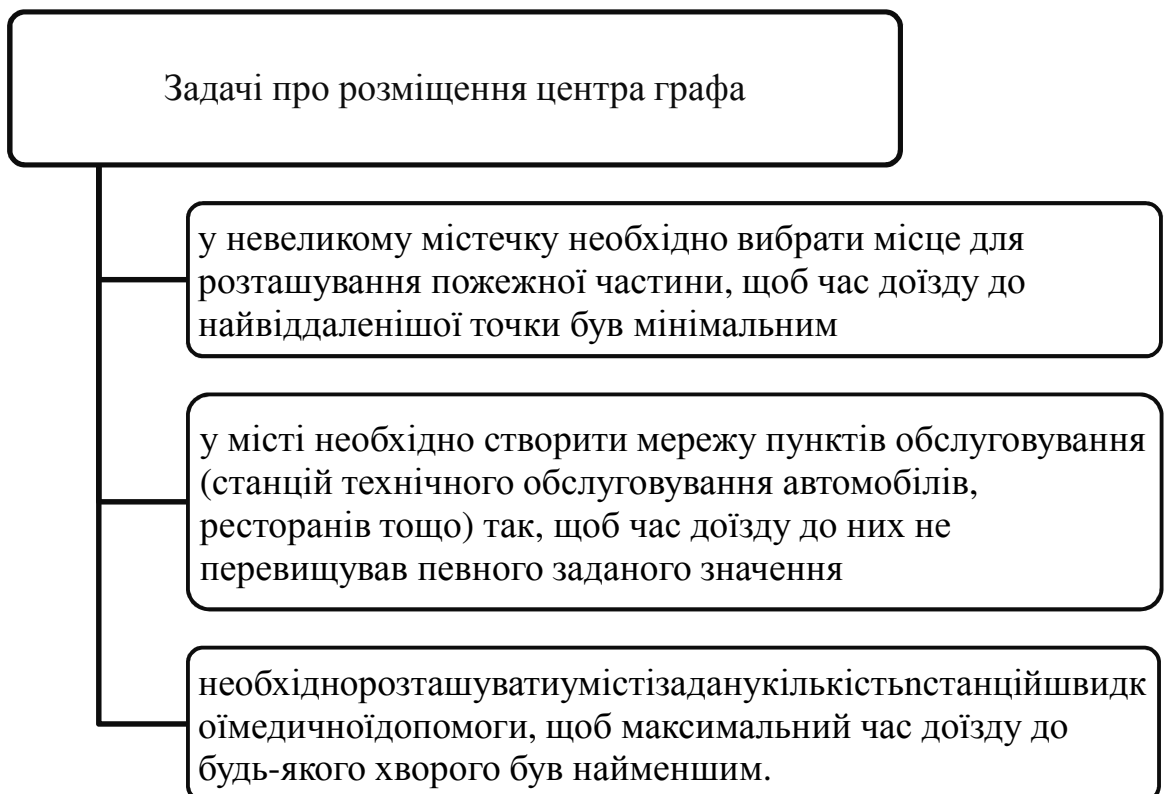


Рисунок 2.5 - Практичні приклади про розміщення центра (центрів) графа

Всі ці задачі мають спільні риси:

- область можливих розміщень є графом $G=(V,E)$ (неорієнтованим або орієнтованим), що визначається множиною вершин V та множиною дуг E ;
- йдеться про знаходження деякої очки (або точок) графа, що задовольняють певний критерій;

- кількість цих точок є заданою або ж невідомою;
- до таких точок можуть належати лише вершини графа або ж і точки на ребрах.

Задача про розміщення центра на вершинах графа може бути формалізована таким чином. Кожній дузі $(i, j) \in E$ відповідає певне невід'ємне число d_{ij} , а відстань від вершини $x_i \in V$ до вершини $x_j \in V$, $d(x_i, x_j) = d_{ij}$ (d_{ij} позначає довжину найкоротшого шляху з вершини i в вершину j) та визначається мінімальною сумою довжин дуг між цими вершинами.

Узагальненням є введення пріоритетів (або ваг) $v_i > 0$, $i \in V$ вершин графа, що дає змогу дати визначення поняття зваженої відстані $l_{ij} = v_j \cdot d_{ij}$. Зважена відстань l_{ij} є несиметричною навіть для неорієнтованих графів. Вважається, що точка y_2 є досяжною з точки y_1 графа не більш ніж за λ , якщо справджується умова $l(y_1, y_2) \leq \lambda$.

Для визначення поняття «центр графа» використовуються поняття «ексцентриситет» $e(x_i) = \max_{x_j \in V} d(x_i, x_j)$, вершини $x_i \in V$ та радіус графа $r(G) = \min_{x_i \in V} \max_{x_j \in V} d(x_i, x_j)$. Якщо $e(x_i) = r(G)$, то x_i є центральною вершиною графа, а множина центральних вершин утворює центр графа. Вершина, значення ексцентриситету для якої є максимальним, називається периферійною. Якщо граф є деревом, то до складу центра входять одна або ж дві суміжні вершини [46].

Для кожної з вершин графа розрахуємо значення зовнішнього $s_o(x_i) = \max_{x_j \in V} (l_{ij})$ та внутрішнього $s_t(x_i) = \max_{x_j \in V} (l_{ji})$ поділу. Окрім того, $R_\lambda^0(x_i) = \{x_j \mid (l_{ij} \leq \lambda) \wedge (x_j \in V)\}$ – множина всіх вершин, відстань від вершини x_i до яких не перевищує значення λ , а $R_\lambda^t(x_i) = \{x_j \mid (l_{ji} \leq \lambda) \wedge (x_j \in V)\}$ – відстань від яких до вершини x_i не перевищує значення λ , і, зрозуміло, існують такі значення λ , для яких ці множини не є порожніми.

Якщо λ_o – найменше значення λ , таке, що для деякої вершини $R_\lambda^o(x_i) = V$, то $s_o(x_i) = \lambda_o$, і аналогічно, якщо λ_t – найменше значення λ , таке, що для деякої вершини $R_\lambda^t(x_i) = V$, то $s_t(x_i) = \lambda_o$, що є наслідком визначень. Значення зовнішнього та внутрішнього поділу скінченні лише тоді, коли кожної вершини можна досягти з будь-якої іншої (граф сильно зв'язний), а саме ця умова виконується в задачах про розміщення завжди.

Найпростішими задачами розміщення є задачі пошуку зовнішніх та внутрішніх центрів графа на його вершинах. Для їх розв'язання використовують алгоритм з матрицею найкоротших шляхів між всіма вершинами графа, яку, своєю чергою, отримують, застосовуючи алгоритм Флойда та вектор ваг вершин графа.

Задача про розміщення центра на дугах графа. Якщо припустити, що центр обслуговування може міститися не лише у вершинах, але й на ребрах графа, то вище наведена формалізація модифікується. Значення зовнішнього поділу модифікується як $s_o(y) = \max_{x_i \in V} (v_i \cdot d(y, x_i))$, де $y \in G$ – довільна точка графа, аналогічно модифікується поняття внутрішнього поділу. Вводяться такі поняття:

- абсолютний зовнішній центр – це точка $y_o^* \in G$, в якій значення зовнішнього поділу є мінімальним; абсолютний внутрішній центр – це точка $y_t^* \in G$, в якій значення внутрішнього поділу є мінімальним;
- абсолютні зовнішній r_o та внутрішній r_t радіуси – це значення зовнішнього та внутрішнього центрів.

Задачі пошуку абсолютних центрів графа є складнішими, ніж попередні, бо кількість потенційних абсолютних центрів є необмеженою, тому не можливо розрахувати значення поділу для кожної такої точки.

Абсолютні центри в орієнтованих графах не можуть міститися на орієнтованих дугах, тому задача формулюється як задача пошуку абсолютних центрів у неорієнтованому графі (з вилученими орієнтованими

дугами). Крім того, в неорієнтованому графі абсолютний зовнішній та абсолютний внутрішній центри збігаються, тому говорять про пошук абсолютного центра.

Для пошуку абсолютного центра графа використовують доволі ефективні алгоритми – алгоритм методу Хакімі, який дає змогу знайти точне розташування абсолютного центра та значення його радіуса, й ітераційний алгоритм, який дає можливість це зробити із заданою точністю [47]. Коротко розглянемо сутність методу Хакімі. Даний алгоритм полягає в наступному: необхідно для кожного ребра в графі знайти точку з найменшим числом поділу. Після цього з усіх одержані точок вибрати точку з найменшим числом поділу.

Перший крок здійснюється таким чином:

$$s(y_k) = \max(u_j d(y_k, v_j)), \quad (2.4)$$

де

$$d(y_k, v_j) = \min(l(y_k, v_a) + d(v_a, v_j), l(y_k, v_b) + d(v_b, v_j)), \quad (2.5)$$

де $l(y_k, v_a)$ відстань до від точки на ребрі до однієї з вершин інцидентних ребру.

Можна позначити $l(y_k, v_a)$ як ε , тоді якщо c_{ab} вага ребра, то вибір числа поділу набуває такого вигляду:

$$s(y_k) = \max(u_j \min[\varepsilon + d(v_a, v_j), c_{ab} - \varepsilon + d(v_b, v_j)]). \quad (2.6)$$

Для зручності формулу (2.6) представимо так:

$$\begin{aligned} T_i &= u_j (\varepsilon + d(v_a, v_j)), \\ T'_i &= u_j (c_{ab} - \varepsilon + d(v_b, v_j)) \end{aligned} \quad (2.7)$$

В методі Хакімі пошук локального центру здійснюється уздовж всього ребра графа G . Якщо в графі багато ребер, то час обчислення, необхідний для пошуку рішення, може виявитися надзвичайно великим. Для вирішення цієї проблеми була запропонована модифікація методу Хакімі, яка складається в обчисленні верхніх і нижніх оцінок абсолютних локальних радіусів, відповідних локальних центрів ребер, і у використанні отриманих оцінок для зменшення числа ребер, що беруть участь в пошуку [47].

Розглянемо сутність ітераційного алгоритму пошуку абсолютного центра графа. Нехай $Q_\lambda(v_i)$ - множина всіх таких точок y , що лежать на ребрах графа G , з яких вершина v_i досяжна зі зваженим відстанню, що не перевершує λ . Таким чином,

$$Q_\lambda(v_i) = \{y | u_i d(y, v_i)\}. \quad (2.8)$$

Де y лежить на ребрах графа G . Звідси, абсолютний радіус r графа є найменшим λ , при якому з певною точки y графа G всі вершини можуть бути досягнуті зі зваженим відстанню меншим або рівним λ . Отже, r - це таке найменше λ , що:

$$Q_\lambda(v_1) \cap Q_\lambda(v_2) \cap \dots \cap Q_\lambda(v_n) = \emptyset. \quad (2.9)$$

Таким чином, потрібно почати з довільного невеликого λ , будувати множину $Q_\lambda(v_i)$ для всіх вершин і перевіряти чи виконується співвідношення (2.9). Якщо воно не виконується, то необхідно збільшити λ , на невелику величину і спробувати знову. Цю процедуру потрібно повторювати, до тих пір поки не виконається співвідношення (2.9).

Задача про розміщення декількох центрів на вершинах графа. У цьому випадку потрібно розмістити p , $p > 1$ об'єктів і поняття центра графа узагальнюється. Для підмножини $X_p \subset G$ визначаємо найкоротшу відстань

між вершинами, що належать X_p та вершиною x_i і навпаки, як $d(X_p, x_i) = \min_{x_j \in X_p} d(x_j, x_i)$, $d(x_i, X_p) = \min_{x_j \in X_p} d(x_i, x_j)$. У цьому випадку зовнішнім поділом множини вершин X_p буде $s_o(X_p) = \max_{x_i \in V} (v_j \cdot d(X_p, x_i))$, а внутрішнім - $s_t(X_p) = \max_{x_i \in V} (v_j \cdot d(x_i, X_p))$, і відповідно зовнішнім p -центром множина вершин X_{po}^* для якої $s_o(X_{po}^*) = \min_{x_i \in V} (s_o(X_p))$, а внутрішнім - множина вершин X_{pt}^* , для якої $s_t(X_{pt}^*) = \min_{x_i \in V} (s_t(X_p))$.

Зрозуміло, що для розв'язання цієї задачі неможливо скористатися ідеєю відповідного алгоритму для знаходження одного центра на вершинах графа, оскільки він, за умови наявності побудованої матриці відстаней між всіма парами вершин графа (що не є складним, і, як уже згадувалося, може бути реалізованим за допомогою алгоритму Флойда), потребував би виконання $p \cdot (n - p) \cdot C_n^p$ операцій, що вимагало б дуже багато часу – по суті це ідея алгоритму перебору. Тому, на практиці для розв'язання цієї задачі використовують ітераційний алгоритм.

Задача про розміщення декількох центрів на дугах графа. У цій задачі $X_p \subset G$, тобто центри можуть міститися в будь-якій точці графа. Найкоротші відстані між точками множини X_p та вершиною x_i і навпаки визначаються як $d(X_p, x_i) = \min_{y_j \in X_p} d(y_j, x_i)$, $d(x_i, X_p) = \min_{y_j \in X_p} d(x_i, y_j)$. Відповідно зовнішній та внутрішній поділ множини точок X_p становитимуть $s_o(X_p) = \max_{x_i \in V} d(X_p, x_i)$, $s_t(X_p) = \max_{x_i \in V} d(x_i, X_p)$. В такому разі множина точок X_{po}^* , для якої $s_o(X_{po}^*) = \min_{X_p \subset G} (s_o(X_p))$ буде абсолютним зовнішнім p -центром, а X_{pt}^* , для якої $s_t(X_{pt}^*) = \min_{X_p \subset G} (s_t(X_p))$ – абсолютним внутрішнім p -центром відповідно.

Зрозуміло, що ця задача є найскладнішою з усіх задач розташування

об'єктів на графі, оскільки метод Хакімі неможливо узагальнити для неї. Натомість використовують ітераційні алгоритми, які дають змогу знаходити субоптимальні розв'язки за прийнятний час. Задачі розміщення об'єктів з додатковими умовами. У науковій літературі розглядається велика кількість задач розміщення об'єктів на граф із додатковими умовами, як, наприклад, розміщення об'єкта на площині із забороненими зонами чи розміщення нових об'єктів у вершинах неорієнтованого графа, в яких вже розташовані фіксовані об'єкти [48].

У вершині можна розміщувати будь-яку кількість об'єктів, відомі найкоротші відстані між всіма парами вершин графа, задані питомі вартості зв'язків між фіксованими об'єктами та об'єктами, що розміщуються, а також між розміщуваними об'єктами, та значення максимально допустимих відстаней між об'єктами. Необхідно знайти таке розміщення, для якого максимальна вартість зв'язків між об'єктами є мінімальною. Для розв'язання задачі використовуються модифікації алгоритму методу гілок та границь, результати показують, що отримати розв'язок за прийнятний час можна для задач розмірністю 40×40 і менше. Окрім того, якщо об'єкти розміщені на поверхнях (найпростіший випадок – площина), додатковими умовами можуть бути зони, у яких розміщення об'єктів заборонене.

2.3 Фрагментарні алгоритми пошуку субоптимальних рішень дискретних оптимізаційних задач

Існує досить великий клас задач дискретної комбінаторної оптимізації, для яких не існує швидких поліноміальних алгоритмів, здатних виробляти знаходження оптимальних рішень. Це визначається або приналежністю завдання до класу NP -складних, в такому випадку розробка такого алгоритму для детермінованої машини Тьюринга теоретично неможлива (зрозуміло, за умови нерівності класів P і NP), або подібний алгоритм невідомий (ситуація, характерна, наприклад, для завдання ізоморфізму графів [49]), хоча

теоретично недоведені неможливість його побудови.

Сформоване протиріччя змушує використовувати евристичні методи для вирішення ряду важливих завдань, які не гарантують відшукання оптимальних рішень, однак забезпечують отримання рішень непоганої якості, що підходять для використання на практиці. Евристичні методи підрозділяються на два класи: послідовні та ітераційні [50]. Послідовні методи та алгоритми, що на них базуються, не припускають перебору різних варіантів і забезпечують отримання одного субоптимального рішення. Як правило вони характеризуються відносно невеликою асимптотичною часовою складністю і, як наслідок, вимагають малих витрат обчислювального часу. На відміну від них ітераційні методи базуються на обмеженому переборі множини варіантів рішення з вибором найкращого, а відповідні їм алгоритми характеризуються як вищою асимптотичною часовою складністю, так і більшими витратами обчислювального часу (як мінімум на 1-2 порядки) при практичній реалізації.

Застосування еволюційних моделей в задачах дискретної оптимізації викликає певні труднощі [51]. Існує багато варіантів використання еволюційних алгоритмів в дискретних задачах. Однак, як правило, кожна подібна модель індивідуальна і орієнтована лише на завдання певних типів.

Задача про розміщення автозаправних станцій може бути сформульована як задача пошуку оптимального рішення на фрагментарній структурі.

Фрагментарною структурою (X, E) на множині X [52] називається сімейство його підмножин $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\} \quad \forall E_i \in E \quad E \neq \emptyset$. Елементи з множини E будемо називати допустимими фрагментами. Одноелементні множини, які є допустимими фрагментами, будемо називати елементарними фрагментами. Фрагмент будемо називати максимальним, якщо він не є підмножиною будь-якого іншого фрагмента

Результат застосування фрагментарного алгоритму визначається заданим лінійним порядком на множині X . Таким чином, будь-який

максимальний фрагмент може бути описаний деякою перестановкою елементів множини X . Нехай $A \in E$. Умовою для елемента $x \in X$, при якому $A \cup \{x\} \in E$ будемо називати умовою приєднання елемента x . Трудомісткість фрагментарного алгоритму визначається теоремою: якщо $A \in E$ та $\forall x \in X$ існує алгоритм поліноміальної трудомісткості по числу елементів множини X перевірки умови приєднання елемента x , то задачу побудови максимального фрагмента є поліноміально розв'язуваною.

Для підвищення ефективності застосування алгоритмів пошуку субоптимальних рішень доцільно розробляти системи підтримки прийняття рішень. Однією з головних проблем створення ефективних систем підтримки прийняття рішень - розробка таких алгоритмів розв'язання задач, які були б орієнтовані на взаємодію особи, що приймає рішення і комп'ютера. Основні вимоги до таких алгоритмів [53] представлено на рисунку 2.6.

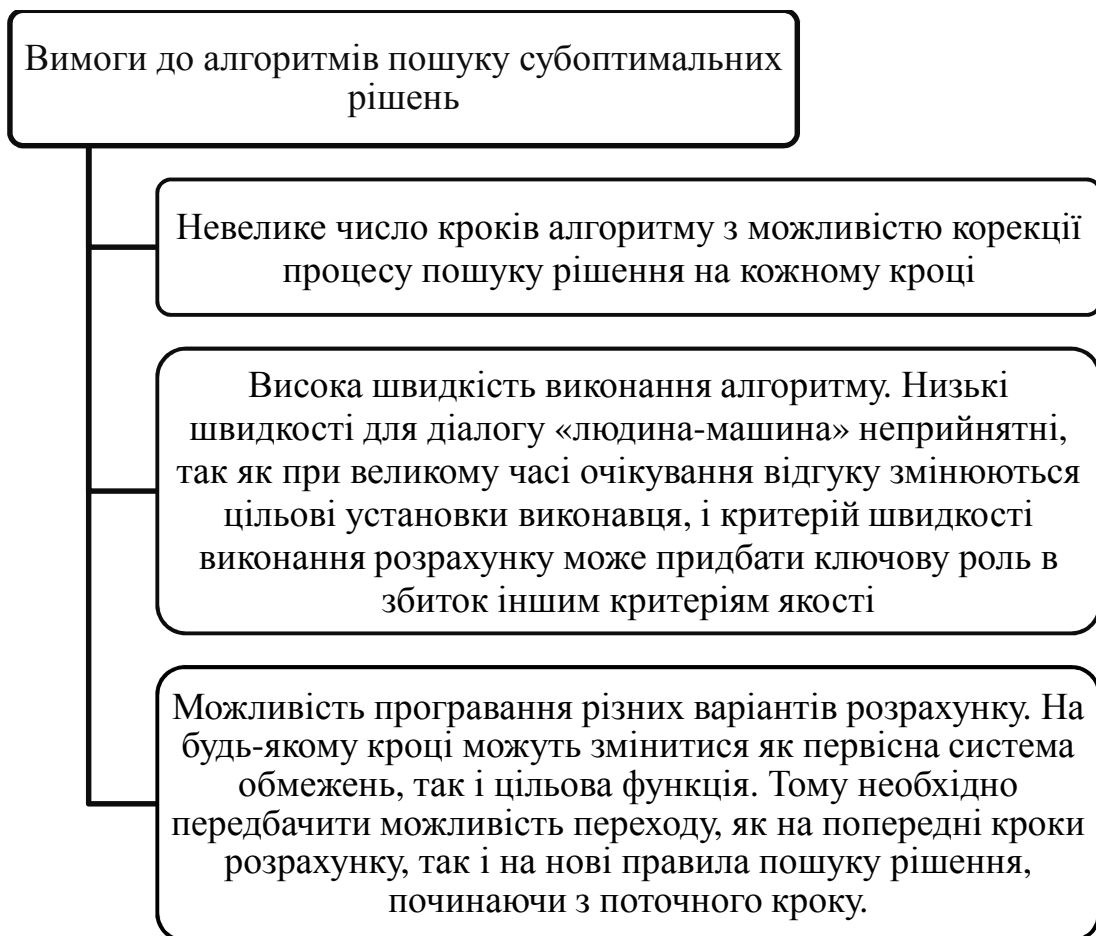


Рисунок 2.6 - Вимоги до алгоритмів пошуку субоптимальних рішень [53]

Ефективними алгоритмами такого класу є «жадібні» алгоритми (Greedy algorithms) [54], які за мале число кроків призводять до оптимального рішення оптимізаційних завдань. На жаль, жодних алгоритмів, що дають точне рішення задач дискретної оптимізації, існує не так вже й багато. Для наближених алгоритмів з оцінками доведено, що їх трудомісткість не нижче трудомісткості точних алгоритмів [55].

У дослідженнях І.В. Козіна розроблено ефективні евристичні алгоритми, які задовольняють практично всім вище наведеним вимогам. Загальна схема побудови таких алгоритмів запропонована І.В.Козіним [53] представлена на рисунку 2.7. Алгоритми, які будуються за наведеною схемою, називаються фрагментарними.

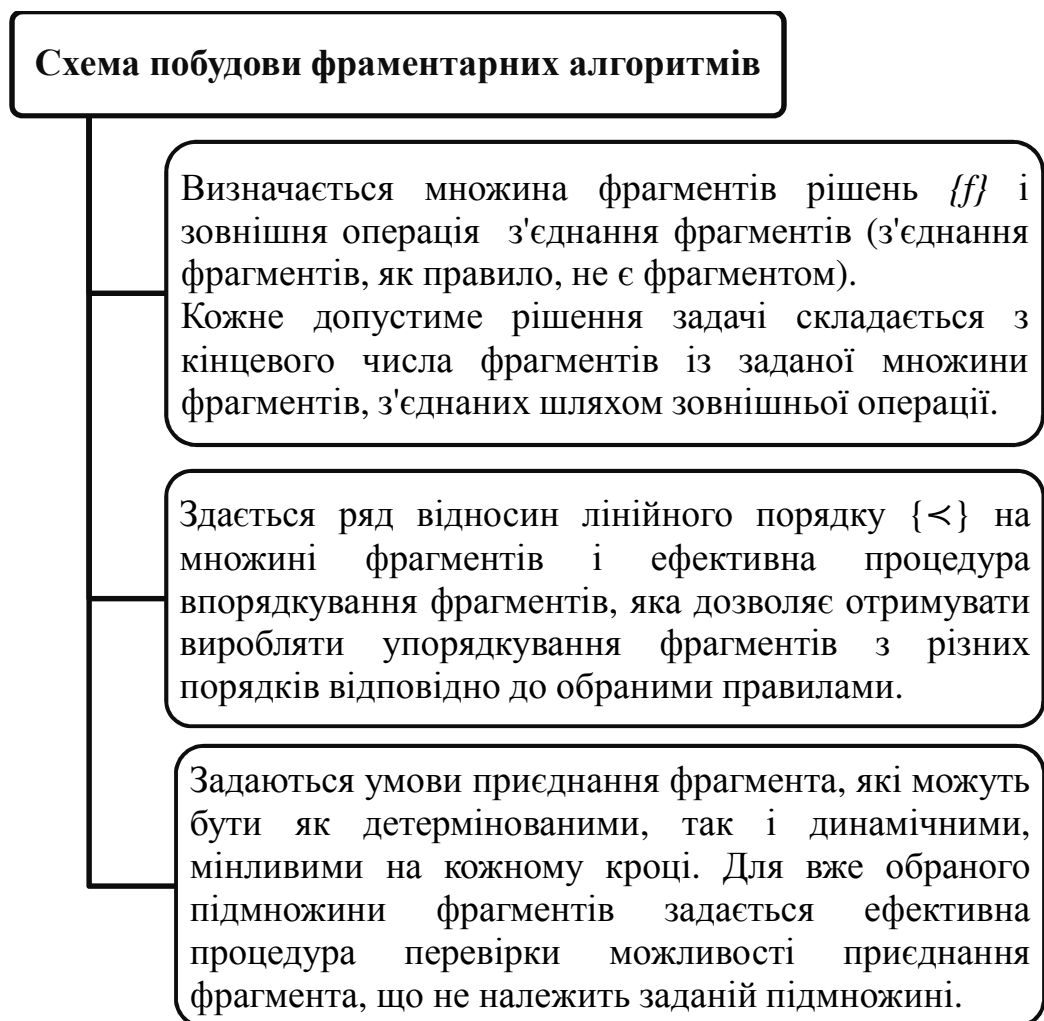


Рисунок 2.7 - Схема побудови фрагментарних алгоритмів [53].

Кожен крок фрагментарного алгоритму полягає в наступному: вибирається відношення порядку із заданої множини відносин;

– проглядаються все ще не вибрані фрагменти, що впорядковані за обраним відношенням порядку;

– обирається перший з фрагментів, який задовольняє умовам приєднання і додається до множини.

Умова зупинки алгоритму - не вдалося знайти черговий фрагмент.

З фрагментарного алгоритму знято основну вимога - умову оптимальності. Визначення поняття оптимальності переноситься на особу, що приймає рішення. Причому ця умова може змінюватися на окремих етапах роботи алгоритму в залежності від побудованого множини фрагментів.

«Жадібні алгоритми» - приклади фрагментарних алгоритмів, які дозволяють знайти оптимальне рішення в задачах оптимізації.

Типовими прикладами фрагментарних алгоритмів для пошуку наближених рішень можуть бути такі добре відомі алгоритми.

Алгоритм «йди в найближчу» для пошуку наближеного рішення задачі комівояжера на зваженому графі з n вершинами. Тут фрагментами є ребра графа. Як лінійного відносини порядку обраний порядок - за збільшенням ваг ребер. Умова приєднання: нове ребро має в якості однієї з вершин останню з вже пройдених вершин, друга вершина ребра не збігається ні з однією з вершин, що пройдена, якщо номер кроку менше n і збігається з першою з пройдених вершин на кроці з номером n .

Алгоритм «мінімального елемента» для відшукування початкового допустимого плану в транспортній задачі. Тут фрагментами є дуги графа, представляє мережу доріг, вага цієї дуги - обсяг перевезень за обраним ребру.

Ребра впорядковані по порядку, який задається вартістю перевезення за відповідною дорозі. Умова приєднання - максимально можливий обсяг перевезення.

Алгоритм «максимальної питомої вартості» в завданню ранці. В якості

фрагментів вибираються об'єкти, які необхідно упакувати. об'єкти упорядковуються по спадаючій питомої вартості (тобто відносини маса об'єкта поділена на його обсяг). Умовою приєднання - сумарний обсяг обраних об'єктів не перевищує обсягу портфеля.

Оцінка складності фрагментарного алгоритму. Нехай загальне число фрагментів, які використовуються при знаходженні рішення задачі N . Позначимо верхню оцінку трудомісткості перевірки умови приєднання на кожному кроці - m , а n - верхня оцінка числа фрагментів, складових рішення задачі. Тоді трудомісткість фрагментарного алгоритму оцінюється числом $N \cdot \ln N \cdot m \cdot n$.

Метод створення фрагментарних алгоритмів може бути застосований практично на всі розділи дискретних прикладних задач теорії прийняття рішень. Простота формалізації робить можливим створення на основі фрагментарного підходу систем підтримки прийняття рішень в таких важко формалізованих завданнях, як завдання складання оптимальних розкладів, завдання оптимального розміщення об'єктів, завдання упаковки об'єктів складної форми та інших.

РОЗДІЛ 3

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ АЗС

3.1 Опис алгоритмів пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення автозаправних станцій

Мережі автозаправних станцій, як і будь-які системи обслуговування, представляють собою розподілені структури по обробці замовлень, що надходять від споживачів. Проблематика ефективного функціонування мереж АЗС пов'язана з необхідністю оптимізації структур управління умовно змінними і умовно постійними компонентами (зокрема, розташуванням об'єктів), істотні зміни для більшості з яких можливі лише за тривалі інтервали управління. Одна з основних вимог до розміщення стосується кількості АЗС, що перехоплює основний (бажано більше 80%) потік споживачів. При збільшенні потоку споживачів зростає число АЗС, необхідне для обслуговування заданого потоку замовлень; для більшості характеристик мереж автозаправних станцій існують точки перегину, що дозволяють визначити зміну тенденцій по обслуговуванню; більшість з мереж АЗС неоптимальні за критерієм співвідношення обсягу перехоплення потоку, розміру мережі тощо.

Як було визначено у попередньому розділі задача оптимального розміщення автозаправних станцій відноситься до *NP*-складних задач для яких, на даний час, не існує швидких поліноміальних алгоритмів знаходження оптимальних рішень. У таких випадках доцільно застосовувати наближені методи пошуку. Основою методів пошуку наближених розв'язків задач оптимального розміщення є евристичні методи.

Для знаходження субоптимальних рішень задачі розміщення АЗС можна використовувати такі типи алгоритмів:

- 1) точний алгоритм;
- 2) відомий наближений алгоритм;

- 3) фрагментарний алгоритм при деякому упорядкуванні фрагментів;
- 4) ЕВФ-алгоритм;
- 5) алгоритм випадкового пошуку на множині припустимих рішень.

Для ряду оптимізаційних задач у дослідженнях І.В. Козіна [40] запропоновано досить ефективні процедури пошуку оптимальних рішень, засновані на застосуванні еволюційних алгоритмів. Для реалізації еволюційного алгоритму необхідно виділити ряд об'єктів і процедур, сукупність яких називають еволюційною моделлю. Основні складові еволюційної моделі на фрагментарних структурах представлено на рисунку 3.1.

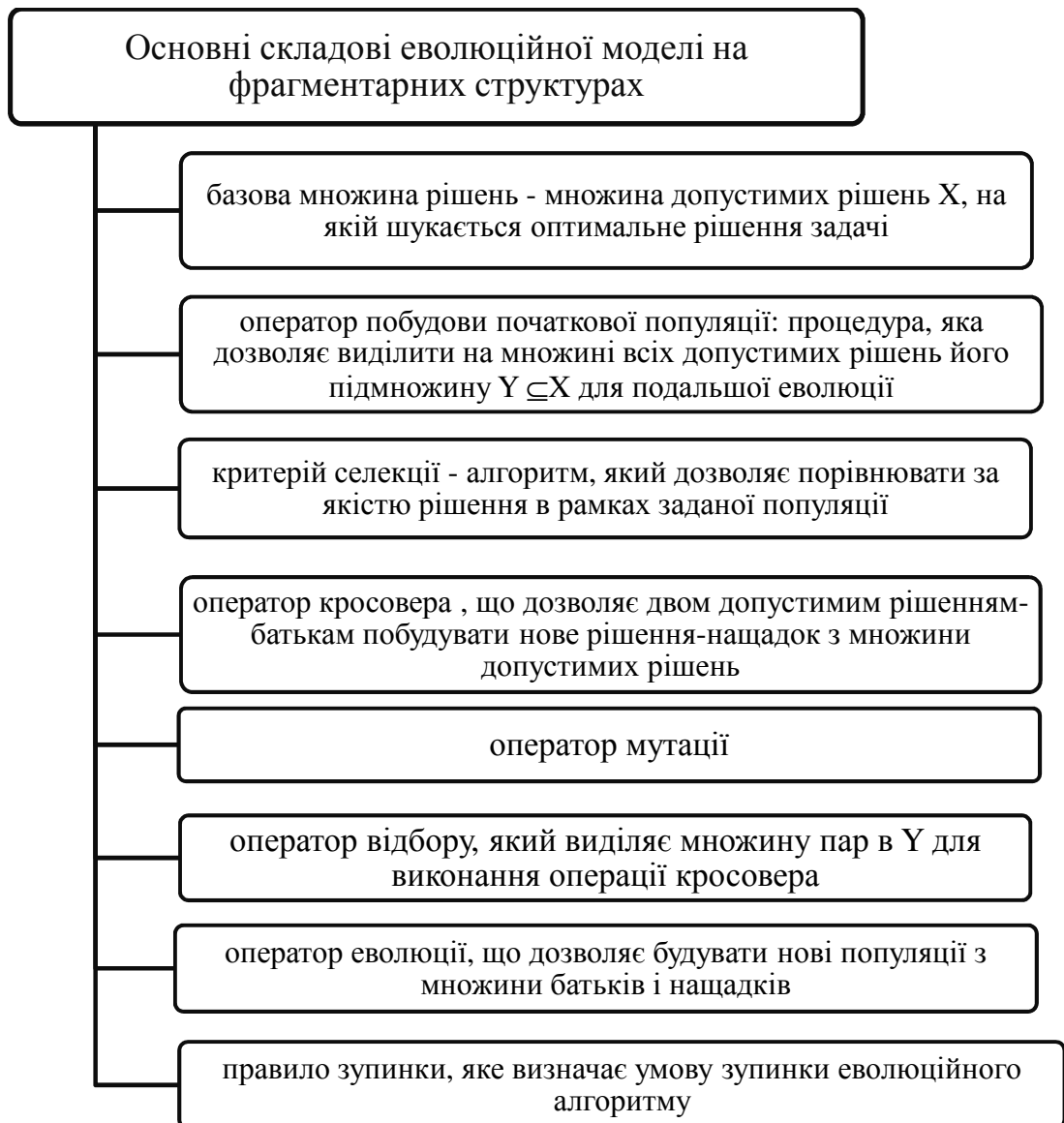


Рисунок 3.1 - Складові еволюційної моделі на фрагментарних структурах [40]

Опишемо коротко принцип роботи еволюційного алгоритму. На початковому етапі за допомогою оператора початкової популяції будується множина рішень Y_0 . На кожному черговому кроці передбачається заданим деяка множина допустимих рішень - поточна популяція. На першому кроці це множина $Y=Y_0$. Для кожного з елементів множини Y обчислюється значення критерію селекції.

За допомогою оператора відбору в поточній популяції Y вибирається множина пар для кросовера. До кожної пари з обраної множини пар застосовується оператор кросовера, а потім до результату кросовера застосовується оператор мутації. Таким шляхом знаходиться множина елементів - нащадків. До проміжної популяції, яка є об'єднанням поточної популяції і множини нащадків, застосовується оператор еволюції, який виділяє на цій множині нову поточну популяцію. Процес еволюції повторюється до тих пір, поки не буде виконана умова зупинки еволюційного алгоритму.

Властивості фрагментарних структур дозволяють побудувати особливий клас еволюційних алгоритмів на фрагментарних структурах - ЕВФ-алгоритми. ЕВФ-алгоритм є комбінацією еволюційного і фрагментарного алгоритму. Наведемо еволюційну модель і принцип дії такого алгоритму.

Як множина допустимих рішень розглядається підмножина максимальних по включенню фрагментів на заданій фрагментарній структурі. Кожен фрагмент з цієї множини визначається як результат роботи фрагментарного алгоритму при деякій заданій перестановці елементарних фрагментів. Таким чином, будь-який перестановці чисел $1, 2, \dots, N$ (N -кількість елементарних фрагментів) відповідає певне допустиме рішення.

Базова множина X еволюційної моделі - це множина $S_N = \{i_1, i_2, \dots, i_N\}$ всіх перестановок чисел $1, 2, \dots, N$. Оператор побудови початкової популяції виділяє довільну підмножину заданої потужності Q з множини X .

Правило обчислення критерію селекції влаштовано таким чином: по

заданій перестановці фрагментів за допомогою фрагментарного алгоритму будується максимальний допустимий фрагмент. Обчислюється значення цільової функції задачі для цього фрагмента.

Наведемо приклади оператора кросовера. Нехай $U = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ та $V = (v_1, v_2, \dots, v_N)$ - дві довільні перестановки. Перестановка-нащадок може бути побудована за різними правилами.

Правило «мінімальний кросовер». З послідовностей U та V , що розглядаються, на k -му кроці обирається один найменший з елементів послідовностей і додається в нову перестановку-нащадок. Потім цей об'єкт видаляється з двох послідовностей-батьків. Наприклад, $K((2,3,1,6,4,5,8,9), (8,5,4,2,6,9,3,1)) = (2,3,1,6,4,5,8,9)$.

Правило «максимальний кросовер». З послідовностей U та V , що розглядаються, на k -му кроці обирається один найбільший з елементів послідовностей і додається в нову перестановку-нащадок. Потім цей об'єкт видаляється з двох послідовностей-батьків. Наприклад, $K((2,3,1,6,4,5,8,9), (8,5,4,2,6,9,3,1)) = (8,5,4,2,6,9,3,1)$.

Правило «випадковий кросовер». З послідовностей U та V , що розглядаються, на k -му кроці обирається один з елементів послідовностей з ймовірністю 0,5 та додається в нову перестановку-нащадок. Наприклад, $K((2,3,1,6,4,5,8,9), (8,5,4,2,6,9,3,1)) = (8,2,3,1,6,4,5,9)$.

Оператор мутації M виконує випадкову транспозицію (заміну місцями двох елементів) в перестановці.

Оператор селекції вибирає випадковим чином набір пар із заданого числа пар у множині перестановок поточної популяції.

Оператор еволюції елементи проміжної популяції впорядковує в послідовність спаданням значення критерію селекції. В якості нової поточної популяції вибираються перші Q елементів послідовності.

Звичайне правило зупинки - кількість поколінь досягло граничної межі L . Краща за значенням критерію селекції перестановка з останньої побудованої популяції визначає наближене рішення задачі.

Відповідне завдання пошуку екстремальної множини вершин в графі зводиться до пошуку максимального фрагмента у фрагментарній структурі. Тобто, завдання зводиться до комбінаторної задачі відшукування деякої екстремальної перестановки на множині перестановок. Причому будь-яка перестановка є допустимою. Поставимо кожній перестановці у відповідність значення критерію на відповідному їй максимальному фрагменті. А саме, для завдання про мінімальний вершинному покритті - це число вершин в покритті, для завдання про мінімальну домінуючу множину - число вершин в домінуючій множині.

На множині перестановок можна запропонувати кілька простих алгоритмів наближеного пошуку оптимальної перестановки.

Наведемо деякі з них. Найбільш простим алгоритмом пошуку наближеного рішення є метод випадкового пошуку. А саме, генерується випадковим чином деяка множина перестановок, для кожної з яких обчислюються значення критерію. Як наближене рішення вибирається те, у якого значення критерію найбільше.

Множина перестановок може розглядатися як метричний простір з деякою метрикою $\rho: S_n \times S_n \rightarrow R_+^1$. Визначимо метрику на множині перестановок. Вибирається початкова перестановка і шукається оптимальна перестановка в ε -околиці даної перестановки. Ця знайдена перестановка є базовою для наступного кроку.

Умова зупинки алгоритму: в ε -околиці вже не існує перестановки з кращім критерієм. Як ε можна брати будь-яке натуральне число 1,2, Дуже хороші результати дає еволюційна модель на фрагментарній структурі.

Розглянемо приклад роботи фрагментарного алгоритму. Нехай заданий граф G (рисунок 3.2а). Кожне ребро графа замінюємо парами орієнтованих ребер (дуг), які нумеруються і впорядковуються в заданому порядку. На початковому етапі множина виділених дуг W є порожньою. Нехай упорядкований список елементарних фрагментів: 2,1', 3, 5', 3', 1, 6, 6',

4, 2', 5, 4' (рисунок 3.2б). Вибираємо перший по порядку фрагмент. Це дуга 2. Додаємо цю дугу у підмножину W виділених дуг: $W=\{2\}$.

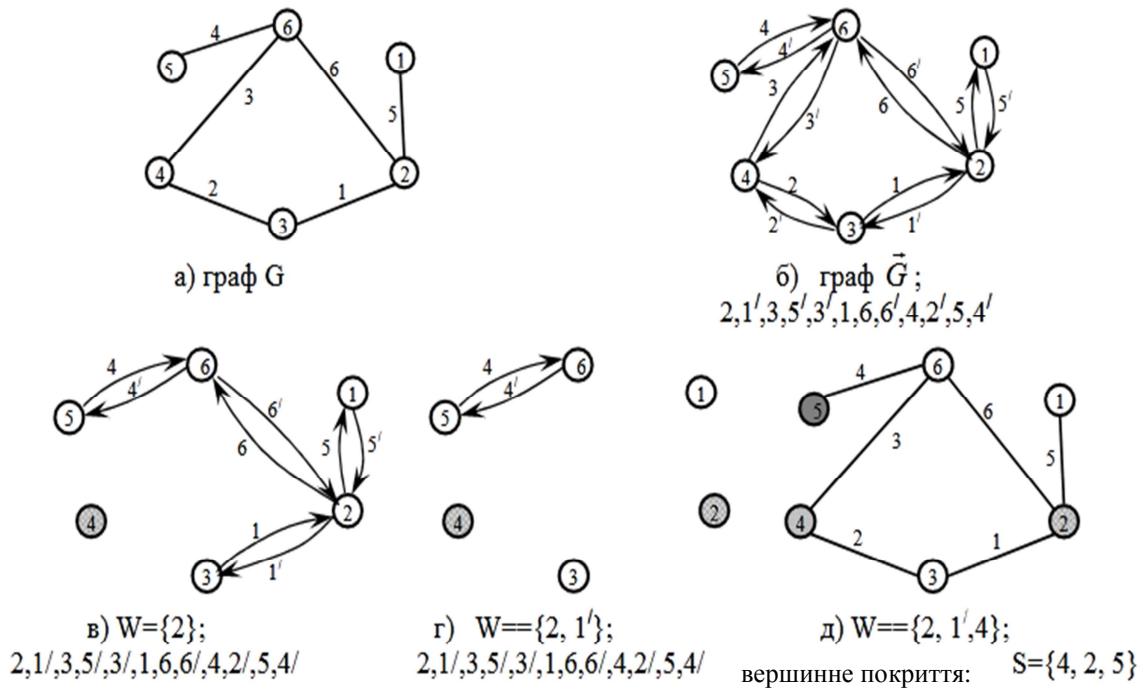


Рисунок 3.2 Приклад роботи фрагментарного алгоритму

Видаляємо з графа все дуги, що є інцидентними початку дуги 2, тобто вершині 6 (рисунок 3.2в). Далі переглядаємо список елементарних фрагментів. Наступний по порядку фрагмент: дуга 1'.

Додаємо в множину W цю дугу: $W'=\{2, 1'\}$. Видаляємо з графа все дуги що є інцидентними початку дуги 1', тобто вершині 2 (рисунок 3.2г). Наступна зі списку дуга 4. Додаємо в множину W цю дугу: $W'=\{2, 1', 4\}$. Видаляємо з графа все дуги, що є інцидентними початку дуги 4, тобто вершині 5. Список елементарних фрагментів порожній.

Знайдений максимальний фрагмент $W'=\{2, 1', 4\}$. Множина вершин - початку дуг цього фрагменту утворює вершинне покриття: $S=\{4, 2, 5\}$ (рисунок 3.2д).

У розглянутому прикладі знайдене верхове покриття є мінімальним. Однак в загальному випадку це не так. Фрагментарний алгоритм буде

допустимі рішення задачі, але не гарантує отримання оптимального рішення.

Розглянутий підхід є універсальним і дозволяє застосовувати один і той же еволюційний алгоритм до будь-яких оптимізаційних завдань на кінцевих фрагментарних структурах.

3.2 Застосування алгоритмів пошуку субоптимальних рішень задачі про розміщення АЗС

Пошук оптимального або наближеного до оптимального рішення задачі розміщення автозаправних станцій здійснено з використанням засобів програми EVFTester (спеціальне програмне забезпечення для тестування та оцінки якості еволюційних алгоритмів, що розроблено І.В. Козіним [40]). Опис програми тестування еволюційно-фрагментарних алгоритмів задач дискретної оптимізації представлено на рисунку 3.3.

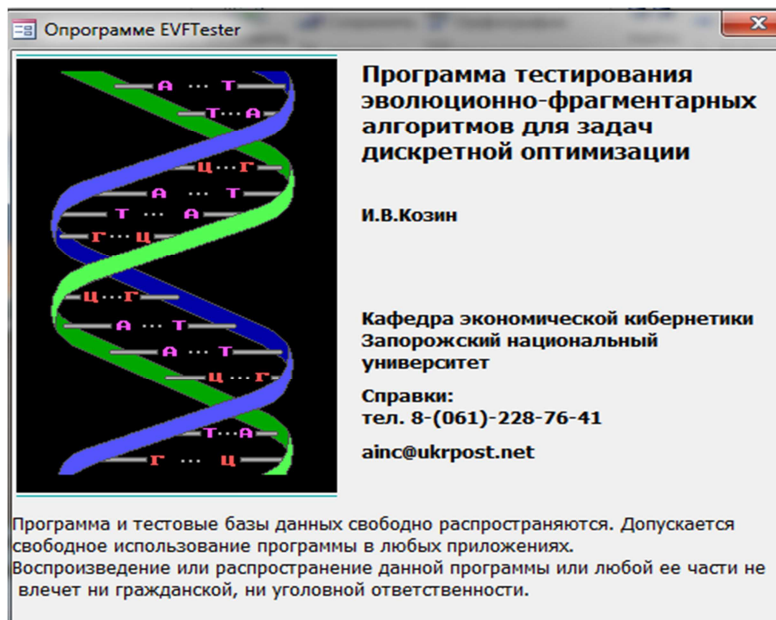


Рисунок 3.3 - Опис програми тестування еволюційно-фрагментарних алгоритмів задач дискретної оптимізації

Для початку роботи у програмі необхідно натиснути кнопку «Старт» (рисунок 3.4), після чого відкривається головне вікно програми (рисунок 3.5).

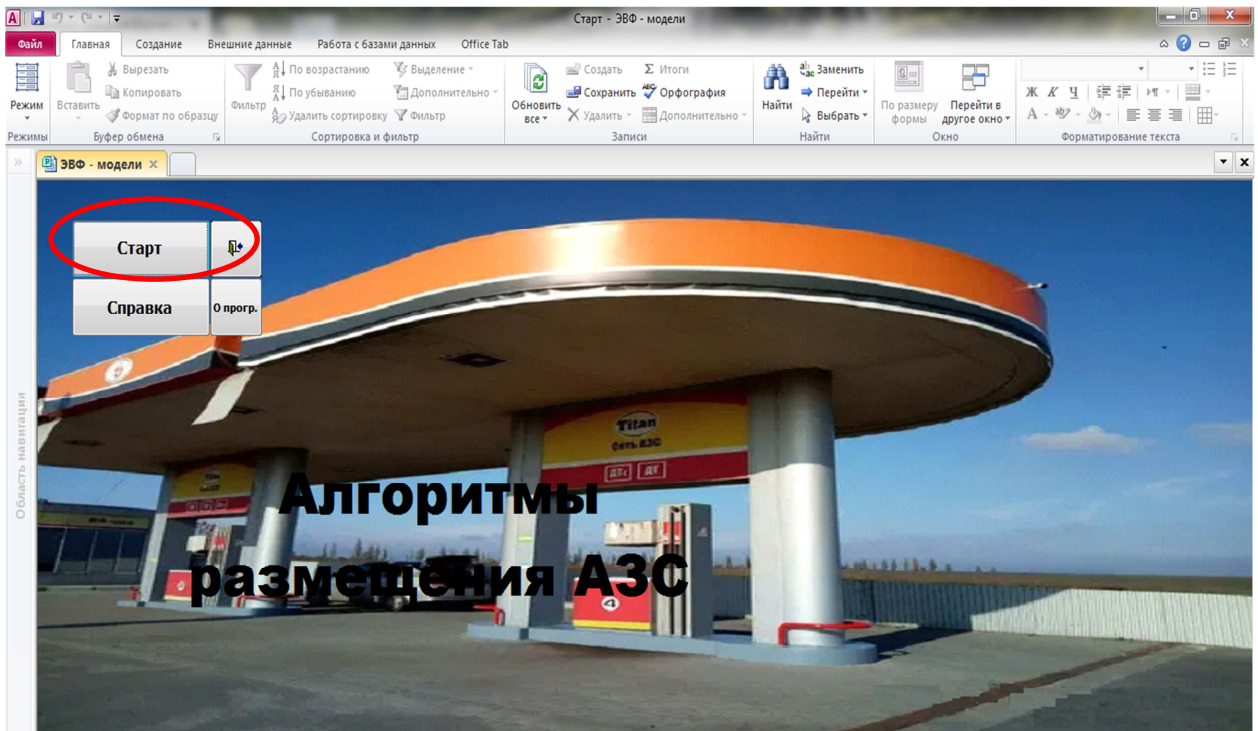


Рисунок 3.4 - Стартовое вікно програми тестування ЕВФ-алгоритмів

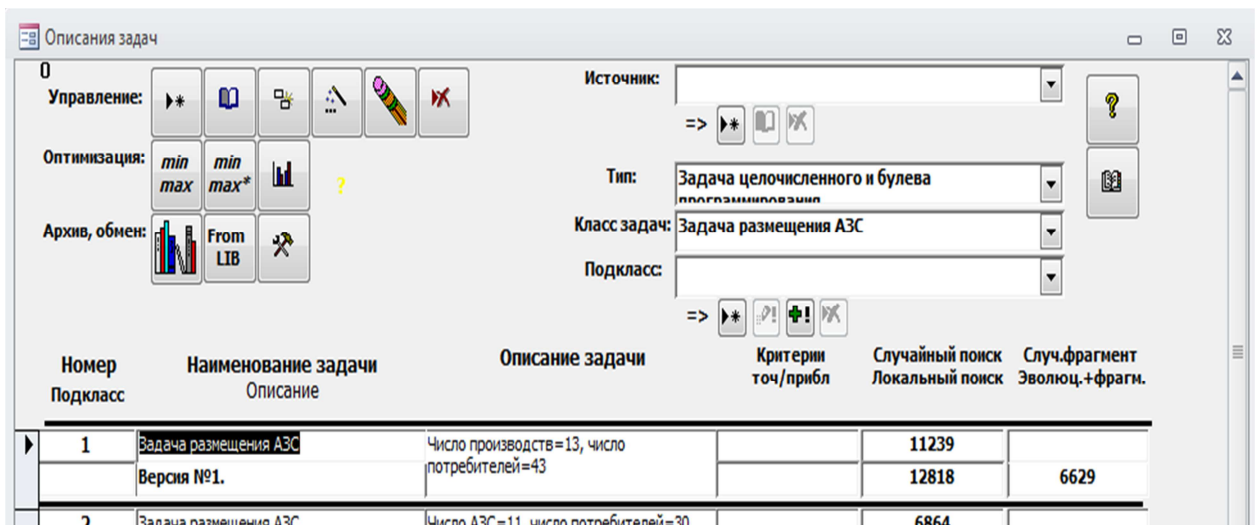


Рисунок 3.5 - Головне вікно програми тестування ЕВФ-алгоритмів

У заголовку форми розташовані кнопки управління, списки вибору і титульний рядок таблиці описів задач. Головне вікно містить таблиці з описом задач обраного класу. Поле «Источник» вказує базу даних, в якій знаходяться розглядається опис задач. Якщо це поле порожньо, то в якості бази використовується сама база EVFTester.mdb. Крім того, можна обирати

класи задач. Вибір класу задач проводиться зі списку класів даного типу задач в зазначеному джерелі. Перелік опису задач класу відображається в табличній частині форми. Подвійне клацання лівої кнопки миші очищає поле «клас». При цьому таблична частина форми зникає.

У міру розвитку системи в список класів будуть додаватися нові класи. З кожним класом задач пов'язаний алгоритм опису задач класу, алгоритми пошуку рішення і алгоритми візуалізації задач класу. Задачі одного класу можуть бути згруповані в підкласи.

Принцип групування може бути довільним. Наприклад, «задачі малої розмірності», «задачі, для яких можна застосовувати точний алгоритм» і так далі. Групування задач є довільним та визначається користувачем. Задачі можна переносити з одного підкласу в інший. Можна об'єднувати підкласи, видаляти опису підкласів.

Для задачі оптимального розміщення АЗС з допомогою генератора випадкових чисел було згенеровано 15 різних індивідуальних задач.

Вхідними параметрами серії випадкових задач були:

- число вершин графа n ;
- діапазон координат;
- вага ребер, яка задавалася в діапазоні;
- вага вершин;
- число k -променів та центрів у зірки;
- кількість задач у серії S .

У задачі оптимізації розміщення АЗС задаються такі умови:

- кількість АЗС;
- кількість споживачів;
- вага ребра – це вартість обслуговування споживача;
- вага вершини – це вартість відкриття АЗС;

У табличній частині форми виводяться рядки таблиці, що містить перелік згенерованих в системі задач. Вікно генерації задач представлено на рисунку 3.6.

Генерация задачи размещения производства

Кол-во задач в серии: 15

Подкласс: []

Номер образца: 1

Число АЗС: 10 - 20

Число потребителей: 50 - 100

Плотность связей(от 0 до 1): 0.90000

Диапазон стоим. обслуж.: 10 - 1000

Диапазон стоим. открыт.: 10 - 1000

Ограничения на мощность: Да

Предельное число потребителей: 1 - 10

Точность (знаков после точки): 0

Генерировать

Рисунок 3.6 - Вікно генерації задач програми тестування ЕВФ-алгоритмів

Приклад сформованих задач представлено на рисунку 3.7.

Номер Подкласс	Наименование задачи Описание	Описание задачи	Критерии точ/прибл	Случайный поиск Локальный поиск	Случ.фрагмент Эволюц.+фрагм.
1	Задача размещения АЗС	Число производств=13, число потребителей=43		11239	6629
	Версия №1.			12818	
2	Задача размещения АЗС	Число АЗС=11, число потребителей=30		6864	6864
	Версия №2.			6864	
3	Задача размещения АЗС	Число АЗС=13, число потребителей=44		13825	10912
	Версия №3.			15510	
4	Задача размещения АЗС	Число АЗС=13, число потребителей=45		12210	9573
	Версия №4.			14138	
5	Задача размещения АЗС	Число АЗС=11, число потребителей=30		8625	6243
	Версия №5.			11053	
6	Задача размещения АЗС	Число АЗС=14, число потребителей=37		13360	8788
	Версия №6.			14382	
7	Задача размещения АЗС	Число АЗС=15, число потребителей=37		11195	7509
	Версия №7.			13654	

Рисунок 3.6 – Приклад згенерованих задач розміщення АЗС

У першому стовпчику вказуються порядковий номер задачі і номер підкласу. Другий стовпчик містить найменування задачі та її короткий опис. Повний опис задачі представлено в третьому стовпчику. Наступні три стовпчики містять результати роботи алгоритмів різних типів для обраної задачі.

Пошук рішень здійснювався з використанням таких алгоритмів:

- локальний пошук;
- випадковий пошук;
- еволюційно-фрагментарний.

Кількість поколінь у різних задачах становило до 300, використовувався пропорційний принцип відбору батьків. Кількість еволюцій (окремих запусків алгоритму) мінялося від 1 до 10, залежно від завдання. Умовою зупинки було досягнення межі часу розрахунку.

Щоб більш детально побачити параметри останніх розрахунків можна скористатися кнопкою «min-max». На рисунку 3.7 представлено вікно пошуку рішень для згенерованої задачі розміщення АЗС №2.

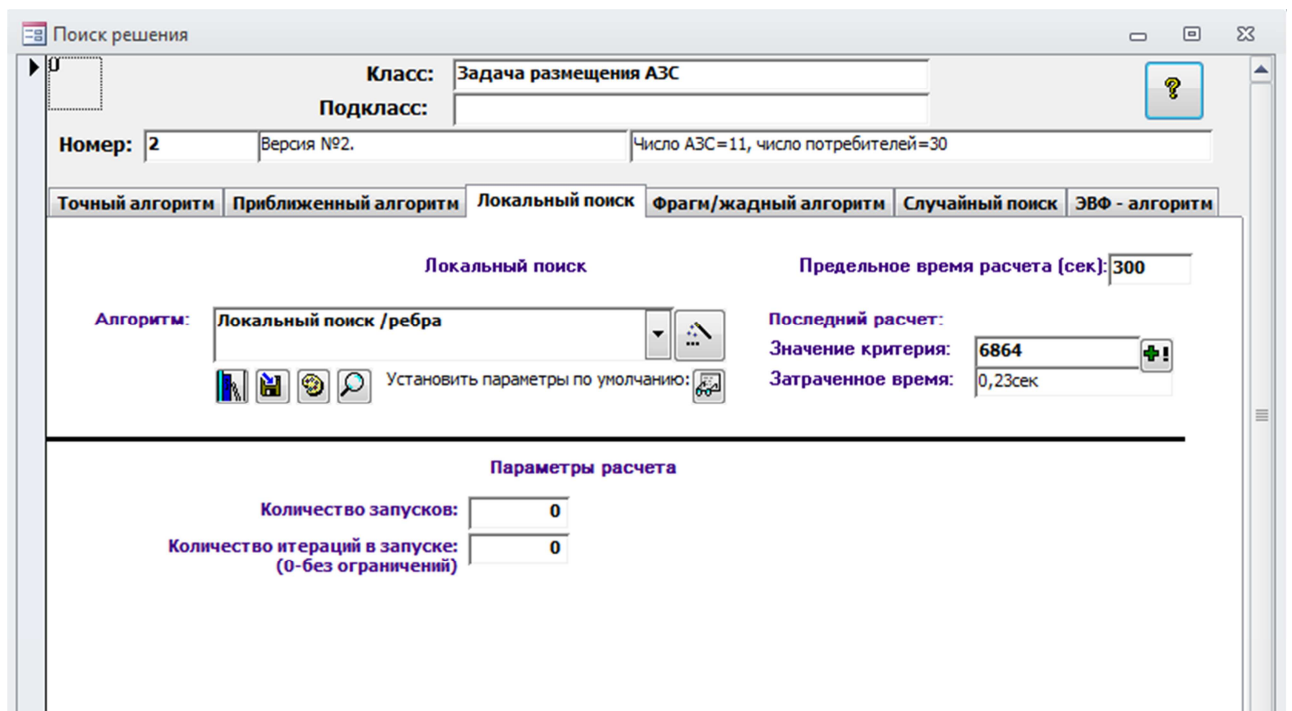


Рисунок 3.7 - Вікно пошуку рішень для задачі розміщення АЗС №2.

Перелік завдань в таблиці можна фільтрувати і сортувати за звичайними правилами роботи з таблицями СУБД ACCESS. Якщо до задачі вже була застосована процедура пошуку рішення, то змінити її параметри не можна. В цьому випадку всі кнопки у вікні опису параметрів будуть недоступні. Область даних форми «Пошук рішення» розбита на п'ять зон, кожна з яких присвячено одному з типів алгоритмів для обраного класу задач. Кожен тип алгоритмів має свій набір параметрів розрахунку. Параметри розрахунку можна встановлювати за замовчуванням всім типам алгоритмів.

Результатом пошуку наближеного до оптимального рішення розміщення АЗС є граф, що відображає розташування пунктів обслуговування. На рисунку 3.8 та 3.9 представлено приклад результатів пошуку наближеного до оптимально рішення розміщення АЗС для згенерованих задачі № 14 та № 15 відповідно.

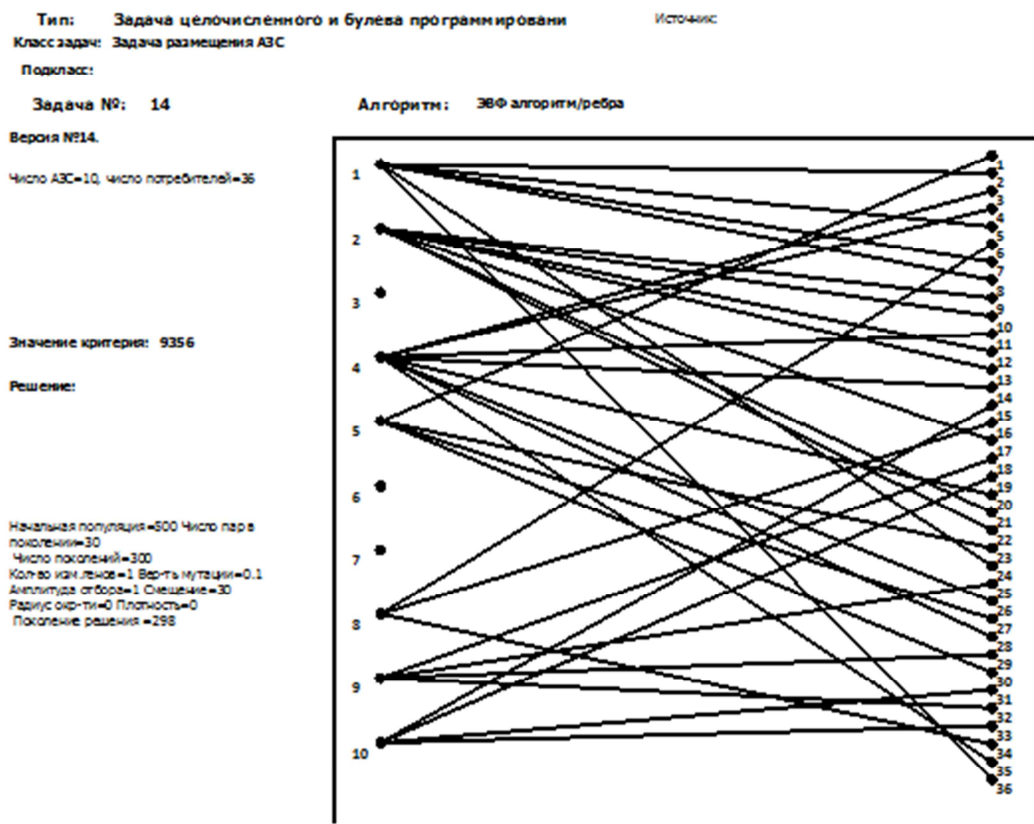


Рисунок 3.8 – Приклад результатів пошуку наближеного до оптимально рішення розміщення АЗС для згенерованої задачі № 14.

Тип: Задача цілочисленного и булева програмування
 Клас задач: Задача розміщення АЗС
 Підклас:
 Задача №: 15
 Алгоритм: ЗВФ алгоритм/ребра

Версія №15.

Число АЗС=11, число потребителів=45

Значення критерія: 9440

Решення:

Начальна популяція=500 Число пар в поколіннях=30
 Число поколінь=300
 Кількість канілець=1 Версія мутації=0.1
 Амплітуда отбору=1 Сміщення=30
 Радіус окр-ти=0 Плотність=0
 Покоління рішення=298

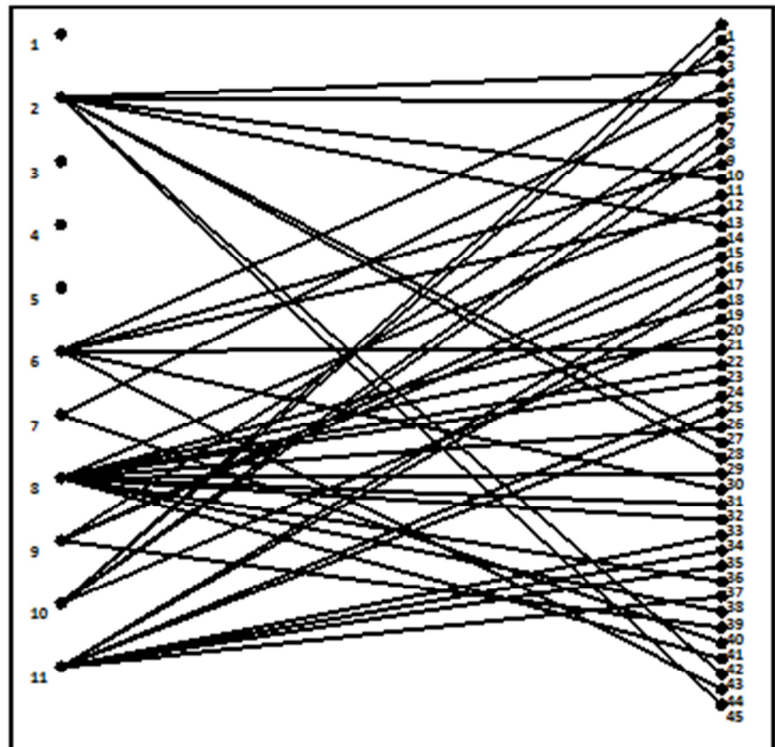


Рисунок 3.9 – Приклад результатів пошуку наближеного до оптимально рішення розміщення АЗС для згенерованої задачі № 15.

Для кожного класу задач візуалізація має свою форму. Звертаємо увагу, що використовувати візуалізацію доцільно лише задач, що мають малу розмірність.

Представити результати пошуку оптимального рішення задачі розміщення АЗС можна у вигляді таблиці.

Для пошуку оптимального рішення для групи задач потрібно скористатися кнопкою групового пошуку рішень. У вікні пошуку рішень (рисунок 3.7) необхідно вибрати алгоритми розрахунку, встановити параметри цих алгоритмів і натиснути кнопку «виконати розрахунки». В результаті все розрахунку будуть послідовно проведені для всіх задач, які виведені в табличній частині форми «Опису Завдань».

3.3 Оцінка ефективності використаних алгоритмів

Для того, щоб отримати порівняльні оцінки якості алгоритмів на серії задач необхідно виконати наступні дії:

- 1) виконати розрахунки для досліджуваної серії задач за всіма алгоритмами, що порівнюються;
- 2) домогтися того, щоб в табличній частині форми «Опису задач» були присутні всі задачі серії і тільки вони. Цього можна досягти, виділивши відповідний підклас та встановивши фільтри;
- 3) натиснути кнопку аналізу результатів (рисунок 3.10).

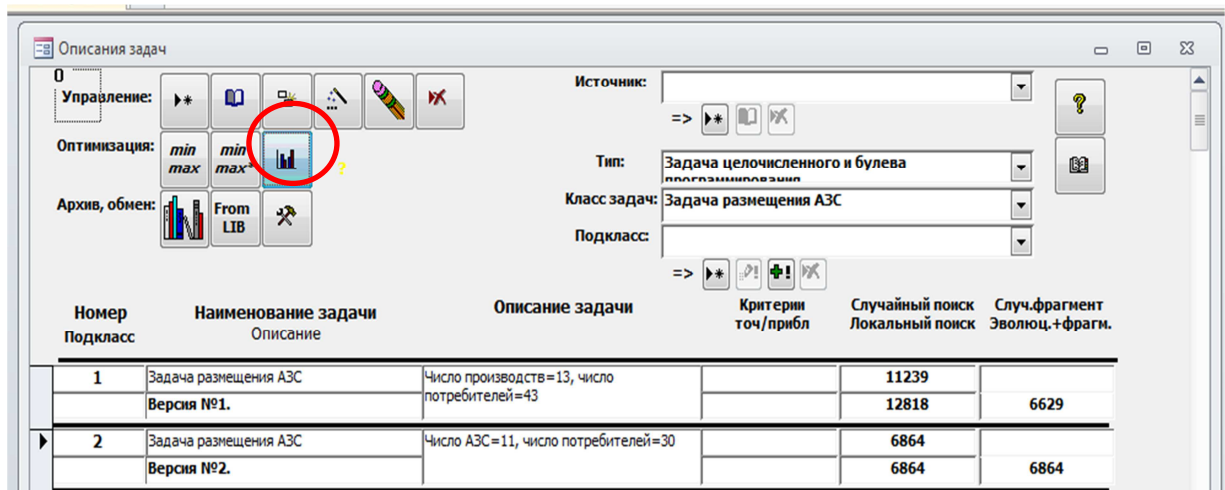


Рисунок 3.10 - Кнопка аналізу результатів для отримання порівняльних оцінок якості алгоритмів на серії задач.

В результаті відкриється вікно діаграм, які відображають порівняльну характеристику якості роботи різних алгоритмів на заданій серії задач (рисунок 3.11). Оцінка якості еволюційно-фрагментарного алгоритму дається порівнянням результатів роботи цього алгоритму з іншими алгоритмами на досить великій серії задач.

Порівняння алгоритмів здійснювалося за такими показниками.

Порівняльна якість - число, що показує скільки разів в серії задач результат, отриманий за цим типом алгоритмів, був не гірше результатів,

отриманих за іншими типами.

Рейтинг за правилом Борда - сума числа балів, набраних на кожній задачі серії. За перше місце в порівнянні призначалося 2 бали, за друге 1 бал, за третє 0 балів.

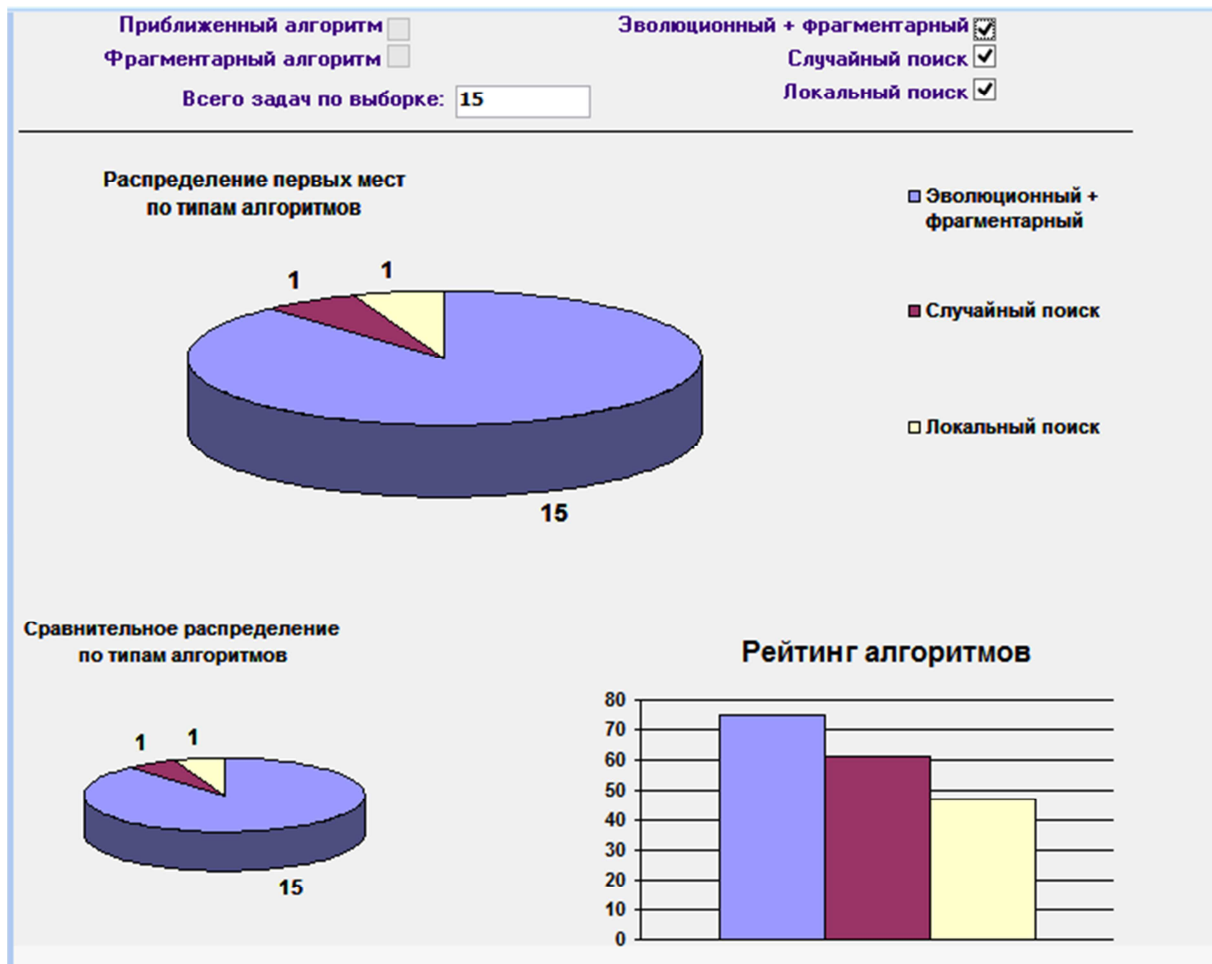


Рисунок 3.11 – Порівняльна характеристика якості роботи різних алгоритмів на заданій серії задач.

У заголовку вікна виділяються типи алгоритмів для порівняння (типи алгоритмів, які не описані для даної серії задач, недоступні для оцінки).

Розподіл перших місць за типами алгоритмів: діаграма показує кількість задач, для яких розглянутий тип алгоритмів приводив до найкращих результатів серед всіх застосовуваних алгоритмів в розглянутій серії задач. Ця діаграма застосовується лише при порівнянні наближених алгоритмів.

Порівняльний розподіл за типами алгоритмів: число показує скільки разів в серії задач результат, отриманий за цим типом алгоритмів, був не гірше результатів, отриманих за іншими типами. Аналіз результатів порівняння алгоритмів дозволив дійти таких висновків: найкращій результат пошуку рішень отримано при застосуванні еволюційно-фрагментарного алгоритму (рейтинг 74 бали), друге місце за алгоритмом випадкового пошуку (рейтинг 61 бал), третє місце за алгоритмом локального пошуку (48 балів).

Таким чином, чисельний експеримент показав високу ефективність еволюційно-фрагментарного алгоритму для пошуку рішень, що наближені до оптимальних у задачах розміщення автозаправних станцій.

ВИСНОВКИ

Автозаправна станція як об'єкт роздрібної торгівлі здійснює продаж палива населенню для особистого споживання. Сучасна АЗС це комплекс об'єктів з обслуговування клієнтів з метою задоволення потреб: у відпочинку, харчуванні, покупці різних товарів.

Автозаправна станція як об'єкт дослідження представляє інтерес для різних наук. Фахівці транспортної сфери досліджують питання розміщення АЗС з урахуванням технічних вимог. З точки зору економіки, дослідників цікавить ефективність її функціонування, розробка маркетингових заходів, розширення асортименту послуг, покращення якості надання послуг. У свою чергу власників автозаправних станцій цікавить питання розміщення АЗС у тих місцях, де прибуток буде постійний та бажано високий. Для фахівців у галузі дискретної оптимізації задача розміщення АЗС є *NP*-складною, що вимагає розробки спеціальних алгоритмів пошуку оптимальних рішень.

Отже, у кваліфікаційній роботі магістра досліджено особливості функціонування об'єктів роздрібної торгівлі паливом. Основними факторами, що впливають на розміщення АЗС є: містобудівні, транспортні, соціальні, економічні. Врахування означених факторів з точки зору формалізації задачі дискретної оптимізації дозволяє сформулювати перелік критеріїв та обмеження щодо розміщення АЗС.

Проведене дослідження дозволило дійти висновку, що задачі розміщення об'єктів можна класифікувати так: задачі розміщення об'єктів на природних поверхнях та задачі розміщення об'єктів на абстрактних структурах. Для кожного типу задач використовуються різні методи розв'язання. Стосовно *NP*-складних задач, таких як розміщення АЗС, визначено, що не існує швидких поліноміальних алгоритмів, здатних виробляти знаходження оптимальних рішень. У таких задачах для пошуку оптимальних рішень доцільно використовувати евристичні методи, наприклад, еволюційні алгоритми. Задача про розміщення автозаправних

станції може бути сформульована як задача пошуку оптимального рішення на фрагментарній структурі. Кожен крок фрагментарного алгоритму полягає в наступному: вибирається відношення порядку із заданої множини відносин; проглядаються все ще не вибрані фрагменти, що впорядковані за обраним відношенням порядку; обирається перший з фрагментів, який задовольняє умовам приєднання і додається до множини.

У кваліфікаційній роботі магістра розроблено та застосовано алгоритм пошуку оптимальних рішень задачі про розміщення автозаправних станцій.

Пошук оптимального або наближеного до оптимального рішення задачі розміщення автозаправних станцій здійснено з використанням засобів програми EVFTester. Аналіз результатів порівняння алгоритмів дозволив дійти таких висновків: найкращий результат пошуку рішень отримано при застосуванні еволюційно-фрагментарного алгоритму (рейтинг 74 бали), друге місце за алгоритмом випадкового пошуку (рейтинг 61 бал), третє місце за алгоритмом локального пошуку (48 балів).

Отже, чисельний експеримент показав високу ефективність еволюційно-фрагментарного алгоритму для пошуку рішень, що наближені до оптимальних, у задачах розміщення АЗС.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Иванов А. И., Дмитриева Т. В., Макаренко О. А. Становление и развитие автозаправочных станций. *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. 2014. № 4. С. 33–39. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-i-razvitie-avtozapravochnyh-stantsiy>.
2. Інструкція щодо заповнення форм державних статистичних спостережень стосовно торгової мережі та мережі ресторанного господарства. Наказ Держкомстату України від 24.10.2005р. № 327. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1350-05#Text> (дата звернення: 15.11.2020).
3. Відкриття АЗС. URL : <https://evrovektor.com/ua/article/otkrytije-azs> (дата звернення: 15.11.2020).
4. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010р. № 2755-VI із змінами. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 15.10.2020).
5. Про державне регулювання виробництва і обігу спирту етилового, коньячного і плодового, алкогольних напоїв, тютюнових виробів та пального : Закон України від 19.12.1995р. № 481/95-ВР із змінами. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 05.10.2020).
6. Про затвердження правил роздрібної торгівлі нафтопродуктами : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.1997р. № 1442 із змінами. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1442-97-%D0%BF#Text> (дата звернення: 09.09.2020).
7. Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2010-2019 роках. URL : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/fin/pssg/pssg_u/orpsg_ek_2010_2019_ue.xlsx (дата звернення: 10.10.2020).
8. Ціни на бензин, дизпаливо, газ на АЗС України. URL :

<https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/> (дата звернення: 06.09.2020).

9. Кількість суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2010-2019 роках. URL : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/fin/pssg/pssg_u/ksg_ek_2010_2019_ue.xlsx (дата звернення: 10.10.2020).

10. В Україні стало менше АЗС. URL : <http://www.segodnya.ua/economics/avto/v-ukraine-stalo-menshe-azs-549970.html> (дата звернення: 10.10.2020).

11. В Україні закриваються автозаправки. URL : <http://infomix.com.ua/v-ukrayini-zakrivayutsya-avtozapravki/> (дата звернення: 15.10.2020).

12. Гордейчик Е. Короли бензоколонок. Кому належать 10 найбільших в Україні мереж АЗС. URL : <http://focus.ua/money/332626/> (дата звернення: 01.10.2020).

13. Ракитов І. Найбільші мережі АЗС в Україні: кому належать і скільки заправок більше всього. URL : <https://avto.informator.ua/2019/08/02/krupnejshie-seti-azs-v-ukraine-komu-prinadlezhat-i-kakih-zapravok-bolshe-vsego/> (дата звернення: 10.10.2020).

14. Підприємницькі мережі в торгівлі : монографія / Н. О. Голошубова, та ін. ; за заг. ред. Н. О. Голошубової. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2014. 344 с.

15. Савицька Н. Л., Мелушова І. Ю., Красноусов А. В., Олініченко К. С. Торговельне підприємництво : навч.-метод. посіб. Харків : Вид. Іванченка І. С., 2017. 214 с.

16. Павлова А. М. Торговельні мережі в Україні: особливості та проблеми розвитку. *Академічний огляд*. 2011. № 1 (34). С. 63–69.

17. Виноградська А. М. Комерційна діяльність торговельного підприємства : навч. посіб. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. 278 с.

18. Безродный А. А., Резчиков А. Ф. Модели структур и алгоритмы управления автозаправочными станциями. Саратов : Изд-во СГТУ, 2004. 249

с.

19. Безродный А. А. Модель и алгоритм решения задач динамики транспортных потоков при рациональном размещении автозаправочных станций. *Технические науки. Электроника, измерительная и радиотехника*. 2012. №1(21). С. 171–183. URL : https://izvuz_tn.pnzgu.ru/files/izvuz_tn.pnzgu.ru/19112.pdf.

20. Безродный А. А., Белов Ю. Ф., Новиков Р. В. Размещение автозаправочных станций в малом городе. *Информационно-вычислительные технологии и их приложения* : сб. статей IV-го рос.-укр. науч.-техн. и метод. симпозиума. Пенза : РИО ПГСХА, 2016. С. 10–18.

21. Колосова И. И., Сидоров И. В. Принципы формирования функционально-пространственной среды автомобильных заправочных станций за рубежом. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. № 2. С. 61–75. URL : <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-2-61-75>.

22. Дегтярьова О. О. Удосконалення методів виробничо-господарської діяльності підприємств на основі контролінгу (на прикладі нафтопереробних підприємств) : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.06.01. Одеса, 2002. 19 с.

23. Дорожкіна М. С. Розвиток міжнародної корпоративної інтеграції в нафтопереробному бізнесі : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.02. Київ, 2008. 20 с.

24. Губар Ю. Дослідження особливостей вибору місця розташування автозаправних комплексів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2011. Вип. 1 (21). С. 260–264.

25. Малех П. І. Розвиток підприємств інфраструктури автомобільного транспорту : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.06.01. Київ, 2005. 19 с.

26. Карпій О. П. Аналізування сучасного стану роздрібного автозаправного ринку. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2015. № 6(230). С. 10–13.

27. Карпій О. П., Васильців Н. М., Михайлик Н. І. Аналіз критеріїв,

що впливають на вибір автозаправного комплексу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2016. № 851. С. 168–173. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPM_2016_851_25.

28. Танаев В. С. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования / под ред. А. Д. Закревского. Минск : Наука и техника, 1987. 183 с.

29. Михалевич В. С., Кукса А. И. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов. Москва : Наука, 1983. 208 с.

30. Сергиенко И. В., Шило В. П. Задачи дискретной оптимизации. Проблемы, методы решения, исследования. Киев : Наук. думка, 2003. 261 с.

31. Исследование операций : в 2-х т. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби : пер. с англ. Москва : Мир, 1981. Т. 1 : Методологические основы и математические методы. 712 с.

32. Love R. F. Morris J. G., Wesolowsky G. O. Facilities location: models & methods. North-Holland, 1988. 296 p.

33. Daskin Mark. S. Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications. New York : Wiley, 1995. 498 p.

34. Owen S. H. Daskin M. S. Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*. 1998. Vol. 111, iss. 3. Pp. 423–447. URL : [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00186-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00186-6).

35. Sonmez A. D., Lim G. J. A decomposition approach for facility location and relocation problem with uncertain number of future facilities. *European Journal of Operational Research*. 2012. Vol. 218, iss. 2. Pp. 327–338. URL : <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.028>.

36. Заславська О. В. Моделі прийняття рішень в оптовій торгівлі. *Вісник Київського університету. Серія: фізико-математичні науки*. 2005. № 3. С. 275–280.

37. Заславська О. В. Декомпозиційний алгоритм оптимізації прибутку

посередника. *Вісник Київського університету. Серія: фізико-математичні науки*. 2005. № 4. С. 163–169.

38. Кондратьев В. Д. Методы решения задачи размещения объектов обслуживания. *Управление большими системами*. 2008. № 20. С. 46–56. URL : <http://mi.mathnet.ru/ubs287>.

39. Колоколов А. А., Леванова Т. В. Алгоритмы декомпозиции и перебора L-классов для решения некоторых задач размещения. *Вестник Омского университета*. 1996. Вып. 1. С. 21–23. URL : <https://omsu.ru/vestnik/articles/y1996-i1/a021/article.html>.

40. Козин И. В. Эволюционные модели в дискретной оптимизации : монография. Запорожье : Запорожский национальный университет, 2019. 204 с.

41. Кочкаров Р. А., Кочкарова А. Н. Многокритериальная задача размещения центра на M-взвешенном предфрактальном графе. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2015. № 4. С. 237–249. URL : <http://old.izv-tn.tti.sfedu.ru/wp-content/uploads/2015/4/23.pdf>.

42. Катренко А. В., Антоняк Т. І. Розв’язання задач оптимального розміщення об’єктів методом імітаційного моделювання. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2011. № 715 : *Інформаційні системи та мережі*. С. 150–162. URL : <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/12080>.

43. Holland J. H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975. 186 p.

44. Mirchandani P. B., Francis R. L. *Discrete Location Theory*. New York : John Wiley & Sons, 1990. 555 p.

45. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / пер. с англ. Москва : Мир, 1982. 420 с.

46. Харари Ф. Теория графов / пер. с англ. Москва : Мир, 1973. 301 с.

47. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / пер. с англ. Г. Гаврилова. Москва : Мир, 1978. 432 с.

48. Забудский Г. Г. Алгоритм решения минимаксной задачи размещения объекта на плоскости с запрещенными зонами. *Автоматика и телемеханика*. 2004. № 2. С. 93–100. URL : <http://mi.mathnet.ru/at1521>.

49. Валяев В. В., Ватутин Э. И. Метод определения изоморфизма графов общего вида за полиномиальное время. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия : Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2012. № 2. Ч. 1. С. 200–206. URL : https://swsu.ru/izvestiya/seriesivt/archiv/2_2012_1.pdf.

50. Ватутин Э. И. Проектирование логических мультиконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов : монография. Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2011. 292 с.

51. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. Москва : Физматлит, 2003. 432 с.

52. Козин И. В. Фрагментарный алгоритм для задачи симметричного размещения. *Радиоэлектроника, информатика, управление*. 2005. № 1. С. 76–83.

53. Козин И. В. Фрагментарные алгоритмы в системах поддержки принятия решений. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. Дніпропетровськ, 2006. С. 131–137.

54. Сигал И. Ч., Иванова А. П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы : учеб. пособ. Москва : Физматлит, 2002. 240 с.

55. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность : монография / пер. с англ. Москва : Мир, 1985. 510 с.

56. Козин И. В., Максишко Н. К., Перепелица В. А. Фрагментарные структуры в задачах дискретной оптимизации. *Кибернетика и системный анализ (Cybernetics and Systems Analysis)*. 2017. Т. 53, № 6. С. 125–131. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/KSA_2017_53_6_13.

Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII

Стаття 42. Академічна доброчесність

1. Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

2. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

3. Порухенням академічної доброчесності вважається:

- академічний плагіат - оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
- самоплагіат – оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
- фабрикація – вигадання даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;
- фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
- списування – виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання;
- обман – надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування;
- хабарництво – надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;
- необ'єктивне оцінювання – свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти.

Форма декларації академічної доброчесності

Декларація академічної доброчесності

здобувача вищої освіти ЗНУ

Я _____, студент(ка) _____ курсу,
форми навчання _____, факультету _____,
спеціальності _____, адреса електронної пошти _____,

- підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему
«_____»

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

- згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою Інтернет-системи, а також на архівування роботи в базі даних цієї системи.

Дата _____

Підпис _____

ПІБ (студент) _____

Дата _____

Підпис _____

ПІБ (науковий керівник) _____

Додаток А

Типи автозаправних станцій

Таблиця А.1 - Типи автозаправних станцій

Тип	Розміщення резервуарів	
	відносно ПРК	відносно поверхні ділянки
А	роздільне (традиційне)	підземне
Б	заблоковане (блочне)	підземне
В	роздільне (модульне)	наземне
Г	заблоковане (контейнерне)	наземне

Таблиця А.2 - Типи автозаправних станцій за потужністю

Тип	І - мала		ІІ - середня		ІІІ - велика	
	сумарна місткість резервуарів, м ³	найбільша кількість заправок на годину, одиниць	сумарна місткість резервуарів, м ³	найбільша кількість заправок на годину, одиниць	сумарна місткість резервуарів, м ³	найбільша кількість заправок на годину, одиниць
А	до 40	до 80	40-100	81-150	100-200	понад 150
Б	до 40	до 80	40-100	81-150	100-200	понад 150
В	до 20	до 40	20-80	41-100	-	-
Г	до 20	до 40	20-80	41-100	-	-