

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

До захисту допущено

Завідувач кафедри ПМА

_____ О. Р. Чертов

«__» _____ 2015р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.040301 «Прикладна математика»

на тему: Програмна підсистема для вирішення транспортних логістичних задач.

Виконала: студентка 4 курсу, групи КМ-12

Фіюшкіна Тетяна Миколаївна

Керівник асистент Громова В.В.

Консультант з нормоконтролю ст. викладач Мальчиков В.В.

Рецензент доцент Тарасенко-Клятченко О.В.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Фіюшкіна Т.М. _____

Київ – 2015 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.040301 «Прикладна математика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.Р. Чертов
(підпис)

« ____ » _____ 2015 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Фіюшкіній Тетяні Миколаївні

1. Тема роботи «Програмна підсистема для вирішення транспортних логістичних задач»
керівник роботи асистент Громова В.В.
затверджені наказом по університету від "28" травня 2015 р. № 955-С.
2. Термін подання студентом роботи "12" червня 2015р.
3. Вхідні дані до роботи:
 - відомості про транспортну організацію;
 - математичний метод вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора.
4. Зміст роботи:
 - Вивчити літературні джерела за тематикою транспортної логістики;
 - Провести аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі;
 - Проаналізувати математичне забезпечення, що використовується при рішенні даних задач;

- Розробити програмний продукт, що буде проводити вибір оптимального плану доставки;
- Оформити документацію до дипломної роботи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо):

- Архітектура програмного забезпечення;
- Структурна схема програми.

6. Консультанти розділів проекту (роботи):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	ст.викладач Мальчиков В.В.		

7. Дата видачі завдання «28» жовтня 2014



Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вивчення літератури за тематикою роботи	13.11.14	
2.	Проведення порівняльного аналізу методів вирішення задач цілочисельного програмування	2.12.14	
3.	Вибір та обґрунтування методу вирішення задачі цілочисельного програмування	8.01.15	
4.	Проектування архітектури розроблюваних програмних засобів	15.01.15	
5.	Визначення складу та форматів вихідних даних та результатів програми	4.02.15	
6.	Розробка алгоритмів	18.02.15	
7.	Розробка мови управління програмами	18.03.15	
8.	Програмна реалізація	9.04.15	
9.	Розробка алгоритмів та підготовка контрольних задач для їх перевірки	23.04.15	
10.	Розв'язування контрольних задач на ПЕОМ	13.05.15	
11.	Оформлення документації дипломної роботи		

Студент _____ Фіюшкіна Т.М.

Керівник роботи _____ Громова В.В.

АНОТАЦІЯ

Дана дипломна робота присвячена розробці програмної підсистеми для вирішення транспортних логістичних задач.

В роботі розглянуті методи розв'язку задачі вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора. Для розв'язку задачі було обрано перший алгоритм Гоморі.

Розроблено програмну підсистему, яка використовує вищеописаний метод для визначення економічно вигідних для торгівельної організації постачальників товару з урахуванням витрат на доставку. Інформаційне забезпечення реалізується шляхом використання СКБД.

Алгоритм реалізовано засобами мови програмування C#.

Ключові слова: ТОВАРНІ ЗАПАСИ, УПРАВЛІНСЬКЕ РІШЕННЯ, ПЕРШИЙ АЛГОРИТМ ГОМОРИ



ABSTRACT

This thesis is devoted to developing software subsystem for solving transport logistics tasks.

The paper discusses methods of solving problems selection of suppliers goods, purchase volumes and types of vehicles to deliver goods to the distributor. For the problem solution was chosen Gomory's cut method.

The software subsystem, which uses the above method for selection cost-effective for commercial suppliers of goods including shipping. Information support implemented by databases.

Algorithm is implemented using C#.

Keywords: INVENTORY, MANAGEMENT DECISION, GOMORY'S CUT METHOD



АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена разработке программной подсистемы для решения транспортных логистических задач .

В работе рассмотрены методы решения задачи выбора поставщиков товаров, объемов закупки и типов транспортных средств для доставки товара к дистрибьютору. Для решения задачи был выбран первый алгоритм Гомори.

Разработана программная подсистема, которая использует вышеописанный метод для выбора экономически выгодных для торговой организации поставщиков товаров с учетом расходов на доставку. Информационное обеспечение реализуется путем использования СКБД.

Алгоритм реализован средствами языка программирования C#.

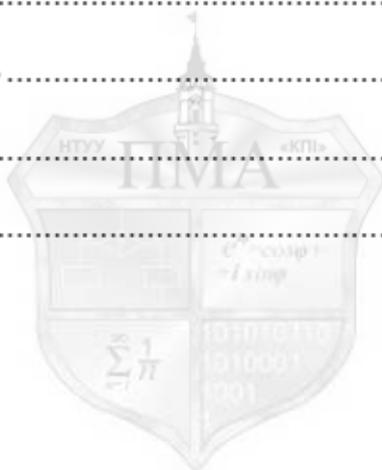
Ключевые слова: ТОВАРНЫЕ ЗАПАСЫ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ, ПЕРВЫЙ АЛГОРИТМ ГОМОРИ



Зміст

СПИСОК ТЕРМІНІВ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	11
ВСТУП	12
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	13
2 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	14
2.1 Транспортна логістика	15
2.2 Висновки.....	16
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ	17
3.1 Математична модель задачі.....	17
3.2 Висновки.....	22
4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ВИБІР МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ.....	23
4.1 Методи відтинання	23
4.1.1 Перший метод Гоморі.....	23
4.1.2 Другий метод Гоморі	25
4.1.3 Третій метод Гоморі.....	27
4.2 Метод віток та границь	30
4.2.1 Алгоритм Ленд-Дойг	32
4.3 Висновки.....	33
5 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	34
5.1 Категорії користувачів	34
5.2 Класи даних	35
5.3 Бізнес правила.....	36
5.4 Матриця елементарних подій.....	37

5.5	Моделювання бізнес процесів	40
5.6	Інфологічне проектування	42
5.6.1	Опис сутностей і атрибутів	42
5.6.2	Опис зв'язків	43
5.7	Даталогічне проектування	44
5.8	Розробка алгоритму	46
5.9	Висновки	47
6.	ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	48
6.1	Висновки	51
	ВИСНОВКИ.....	52
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
	Додаток А.....	54
	Додаток Б	61



СПИСОК ТЕРМІНІВ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

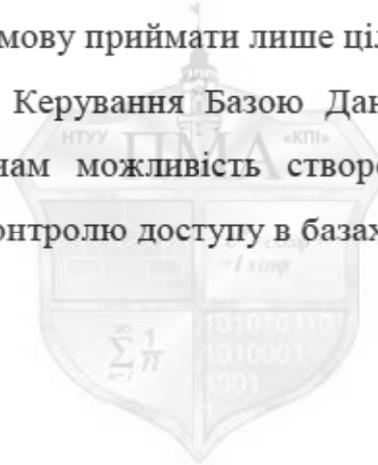
DFD (Data Flow Diagram) – модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

IDEF (Integrated DEFinition) – методологія моделювання і стандарт документування процесів, що відбуваються в системі.

ЗЛП (Задача Лінійного Програмування) – задача оптимізації лінійної функції при лінійних обмеженнях.

ЗЦЛП (Задача Цілочисельного Лінійного Програмування) – задача оптимізації лінійної функції при лінійних обмеженнях, в якій на змінні накладено додаткову умову приймати лише цілочисельні значення.

СКБД (Система Керування Базою Даних) – комплекс програм, що забезпечує користувачам можливість створення, збереження, оновлення, пошук інформації та контролю доступу в базах даних.



ВСТУП

Складність, невизначеність, велика кількість протирічних соціальних і економічних факторів, а також обмеження та недостатня повнота інформації призводять до того, що існуючі математичні моделі управління багатомономенклатурним запасом (УБЗ) не дозволяють оперативно і з необхідною точністю приймати ефективні управлінські рішення.

У зв'язку із цим, постає проблема розробки та впровадження в роботу торговельної організації адекватної сучасним вимогам математичної моделі вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора.[1]

В даній роботі пропонується реалізація програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес складання маршрутних листів для перевезення товарів.



1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою роботи є розробка підсистеми для вирішення задачі вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора. Підсистема має визначати варіанти доставки необхідних об'ємів товарів від економічно вигідних постачальників із застосуванням мінімальної кількості транспортних засобів, що в свою чергу дозволить мінімізувати витрати, а отже підвищить прибуток підприємства.

Проблемною областю роботи є галузь управління запасами. Предметною областю є варіанти доставки необхідних об'ємів товарів від економічно вигідних постачальників.

Об'єкт дослідження – торговельні організації.

Предмет дослідження – визначення варіантів доставки необхідних об'ємів товарів від економічно вигідних постачальників із застосуванням мінімальної кількості транспортних засобів до організацій, які є об'єктом дослідження.

До програмного забезпечення висуваються наступні вимоги:

- а) визначення економічно вигідних постачальників;
- б) визначення оптимального плану закупівлі товару;
- в) визначення типів та кількості транспортних засобів для доставки товару;
- г) зручний інтерфейс користувача;
- д) формування звітів;
- е) можливість подальшої модернізації.

До інформаційного забезпечення висуваються наступні вимоги:

- а) забезпечення цілісності даних;
- б) захист від несанкціонованого доступу;
- в) мінімізація введення та виведення інформації.

2 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Реалізація концепції логістики має дати відповідь на запитання: коли і де будуть вироблені ресурси, коли і де вони будуть складовані, коли і куди вони мають бути доставлені? Зазначимо, що в даному випадку термін «ресурси» трактується у широкому розумінні цього слова — це матеріали, готові вироби, енергія та робоча сила. Комплексне використання названих вище чотирьох складових дає вичерпну відповідь на поставлені запитання. У глобальній логістичній системі першочергове значення надається транспортній підсистемі. Тому нерідко вводять ще один термін «транспортна логістика». У всіх випадках на основі технологічного процесу здійснюється рух матеріального потоку. Для того щоб реалізувати основоположний принцип логістики — доставку вантажів «точно у строк», згідно з яким надається перевага споживачу і створюється високоефективна система, має бути розроблений і здійснений єдиний технологічний процес усієї виробничо-транспортної системи на основі інтеграції виробництва, транспортування та споживання. Це не той єдиний технологічний процес, що замикається на під'їзних шляхах на станціях прилягання чи в кращому разі на транспортних вузлах, це є комплексною технологією, у межах якої, керуючись системним підходом, здійснюється чітка взаємодія усіх елементів логістичної системи. Технологічні процеси логістичного ланцюжка, залежно від значимості вантажу, виду транспорту та його тоннажності, системи і характеру виробничого об'єкта мають характерні особливості. Розрізняють масові, дрібнопартійні, контейнерні партії. Деякі ідеї логістики використовуються у транспортно-експедиційному обслуговуванні при масових перевезеннях вантажів технологічними (кільцевими) маршрутами, а також у єдиних технологічних процесах станцій та під'їзних шляхів, що прилягають до підприємств.[2]

2.1 Транспортна логістика

Основним завданням транспортної логістики є збільшення прибутку транспортних організацій. Цього можливо досягти за рахунок координації транспортного обслуговування споживачів за їх замовленнями, в яких містяться умови поставок. Все це дає змогу отримати конкурентні переваги на ринку і зменшити витрати.

Логістиці транспорту притаманні елементи, які мають ключове значення у даній сфері логістики. Основними елементами є транспортні зв'язки з постачальниками і споживачами, вантажі, які перевозяться. Процес транспортування починається зі складів готової продукції, завершується надходженням вантажів на склади споживачів або посередників.

Для логістики транспорту характерні і такі елементи, як склади, запаси продукції, котрі зв'язують її з іншими логістичними системами. Як невід'ємний елемент транспортної логістики вантажі стають товарами, котрі передають на транспорт для перевезень з моменту їх приймання до перевезення і до моменту передання отримувачу.

Обсяги перевезень, напрями та номенклатуру транспортованих вантажів розглядає транспортна логістика. Визначає суб'єктів товарного ринку, котрі належать до підсистем логістики транспортування, що управляють і управляються. Для логістики транспортування важливе значення мають різновиди перевезень, які залежать від видів використовуваних транспортних засобів (залізничного, автомобільного, водного, повітряного, трубопровідного), змішаних перевезень кількома видами транспорту.

Головними традиційними завданнями, котрі вирішує транспортна логістична система, є координація транспортного обслуговування споживачів за їх замовленнями, про що уже ішлося. Це потребує комплексного підходу для виконання всіх умов доставки з мінімізацією транспортних витрат.[2]

2.2 Висновки

У даному розділі було проведено аналіз предметної області поставленої задачі.



3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи торговельної організації за рахунок розробки та впровадження математичної моделі вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора. Результатом використання даної математичної моделі буде визначення варіантів доставки необхідних об'ємів товарів від економічно вигідних постачальників із застосуванням мінімальної кількості вантажівок, що в свою чергу дозволить мінімізувати витрати, а отже підвищить прибуток підприємства.

Після проведеного аналізу були отримані наступні дані: необхідна дистриб'ютору номенклатура товару та попит на нього у заданий період часу; перелік наявних у дистриб'ютора транспортних засобів та їх технічні характеристики; наявні постачальники та кількість у них товару; вартість одиниці товару у різних постачальників; відстані між постачальниками та дистриб'ютором. Крім того, задані обмеження на загальну вартість товару, сумарну кількість закупленого товару, типу та технічних характеристик транспортних засобів.

3.1 Математична модель задачі

Для побудови математичної моделі, за допомогою якої можна розрахувати зазначені вище вимоги, що забезпечують конкурентоспроможність та прибуткову діяльність підприємства, введемо наступні позначення:

- деяка множина територіально розподілених постачальників $j = \overline{1, M}$;

- деяка множина видів товару $i = \overline{1, N}$, які відрізняються за об'ємними і вартісними показниками;
- деяка множина видів машин $k = \overline{1, r}$, які відрізняються об'ємними, ваговими і вартісними показниками;
- загальний попит на товари i -го типу S_i у заданий період часу;
- кількість наявного товару i -го типу у j -го постачальника b_{ij} ;
- кількість закупленого товару i -го типу у j -го постачальника x_{ij} ;
- об'ємні показники одиниці товару i -го типу V_i ;
- вартість перевезення товару d_{kj} однією машиною k -го виду від j -го постачальника до дистриб'ютора;
- об'єм вантажного відсіку однієї машини k -го виду T_k ;
- кількість машин k -го виду u_{kj} , що перевозять товар від j -го постачальника до дистриб'ютора;
- вартість одиниці товару i -го типу у j -го постачальника c_{ij} ;
- вартість палива c_k^p та об'єм палива V_k^p , що споживає машина k -го виду на 100 кілометрів пробігу;
- загальна кількість наявних машин k -го виду L_k для перевезення всього товару;
- вантажопідйомність однієї машини k -го виду TA_k ;
- вагові показники одиниці товару i -го типу Q_i .

Постає завдання визначити:

- Постачальників для закупівлі необхідного товару.
- Об'єм закупівлі товару у кожного з постачальників.
- Типи транспортних засобів та їх кількість.

Для вирішення поставленого завдання, спочатку розглянемо задачу вибору постачальників та об'єму закупівлі необхідного товару у кожного з них. Для вибору оптимального плану закупівлі будемо використовувати наступний критерій мінімізації загальної вартості товару:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Тоді множина допустимих значень визначається наступними обмеженнями:

- сумарна кількість закупленого товару i -го типу у всіх постачальників має дорівнювати його попиту:

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} = S_i \quad (2)$$

- кількість закупленого товару i -го типу у j -го постачальника має бути менше або дорівнювати наявному товару даного типу у постачальника:

$$x_{ij} \leq b_{ij}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M} \quad (3)$$

- загальні витрати на закупівлю товару не повинні перевищувати заданого бюджету:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} x_{ij} \leq c^{\text{задан}} \quad (4)$$

- кількість закупленого товару i -го типу у j -го постачальника повинна бути цілочисельною:

$$x_{ij} = \text{int} \quad (5)$$

Після рішення задачі вибору постачальників та об'єму закупівлі необхідного товару у кожного з них (1) - (5), розглянемо задачу доставки товарів до дистриб'ютора з вибором типів транспортних засобів. Для вибору оптимального плану будемо використовувати наступний критерій мінімізації загальної вартості доставки:

$$\min \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^M d_{kj} y_{kj} \quad (6)$$

$$d_{kj} = Z_{вод} + Z_{експ} + (c_k^p \times V_k^p \times m_j)$$

де $Z_{вод}$ – заробітна плата водія;

$Z_{експ}$ – заробітна плата експедитора;

m_j – відстань від дистриб'ютора до постачальника.

Нехай 0_{ij} – результат отриманий в наслідок рішення задачі (1) - (5).

Тоді система обмежень для завдання доставки товарів буде мати вигляд:

- сумарний об'єм закупленого товару у j -го постачальника, не повинен перевищувати 90% об'єму вантажного відсіку відправлених до нього машин k -го виду:

$$\sum_{i=1}^N V_i a_{ij} \leq 0,9 \sum_{k=1}^r T_k y_{kj}, \quad j = \overline{1, M} \quad (7)$$

- сумарна вага закупленого товару у j -го постачальника, не повинна перевищувати 90% вантажопідйомності відправлених до нього машин k -го виду:

$$\sum_{i=1}^n Q_i a_{ij} \leq 0,9 \sum_{k=1}^r T A_k y_{kj}, \quad j = \overline{1, M} \quad (8)$$

- загальна кількість вантажних автомобілів, що відправлені до всіх постачальників, не повинна перевищувати наявної кількості:

$$\sum_{j=1}^M y_{kj} \leq L_k \quad (9)$$

Отже, ми послідовно вирішили завдання вибору постачальників, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару від постачальника до дистриб'ютора.

Однак, застосування узагальненої математичної моделі дозволить вирішити ці два завдання разом, що дасть більший економічний ефект. У цьому випадку узагальнений критерій мінімізації витрат буде мати наступний вигляд:

$$\min \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} x_{ij} + \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^M d_{kj} y_{kj} \right) \quad (10)$$

Тоді множина допустимих значень визначається обмеженнями (2) - (5) і (9), а обмеження (7) та (8) матиме вигляд:

$$\sum_{i=1}^N V_i x_{ij} \leq 0,9 \sum_{k=1}^r T_k y_{kj}, \quad j = \overline{1, M} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^N Q_i x_{ij} \leq 0,9 \sum_{k=1}^r T A_k y_{kj}, \quad j = \overline{1, M} \quad (12)$$

Оптимізаційні задачі (1) - (5), (6) - (9) та (10) - (12) відносяться до загальних задач лінійного програмування. Точніше, з огляду на умову (5), до задач цілочисельного лінійного програмування.[1]

3.2 Висновки

У даному розділі складено та сформульовано математичну модель вибору постачальників, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора.



4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ВИБІР МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

Оскільки, дана задача відноситься до задач цілочисельного лінійного програмування, то для її розв'язку будуть використовуватись методи для розв'язку задач цілочисельного програмування.

4.1 Методи відтинання

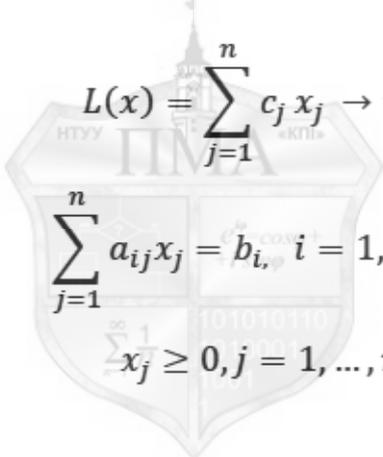
Ідея методів відтинання полягає ось у чому. Розв'язується ЗЛП, одержана з ЗЦЛП відкиданням умови цілочисельності змінних. Якщо її розв'язок є цілочисельним, то він же є і розв'язком ЗЦЛП. Якщо ж ЗЛП розв'язку не має, то і ЗЦЛП розв'язку не має. Якщо розв'язок ЗЛП не є цілочисельним, то від розв'язаної ЗЛП переходять до нової допоміжної ЗЛП шляхом приєднання лінійного обмеження, яке задовольняють усі цілочисельні розв'язки ЗЦЛП, але не задовольняє одержаний нецілочисельний розв'язок початкової ЗЛП. Це додаткове лінійне обмеження визначає деяку відтинаючу площину і називається правильним відтином. Приєднання нових правильних відтинів до початкової допоміжної ЗЛП здійснюється доти, поки на деякому кроці не буде одержаний цілочисельний розв'язок допоміжної задачі, який, очевидно, буде оптимальним розв'язком вихідної ЗЦЛП. [3]

4.1.1 Перший метод Гоморі

Перший метод Гоморі належить до розглянутого класу і полягає ось у чому. Розв'язується ЗЦЛП:

$$\begin{aligned}
 L(x) &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \\
 \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &= b_i, \quad i = 1, \dots, m \\
 x_j &\geq 0, j = 1, \dots, n, x_j - \text{ціле}, j = 1, \dots, n
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Розглядаємо допоміжну ЗЛП:



$$\begin{aligned}
 L(x) &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \\
 \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &= b_i, \quad i = 1, \dots, m \\
 x_j &\geq 0, j = 1, \dots, n
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

що одержується з (1) відкиданням умови цілочисельності змінних.

Нехай допоміжна ЗЛП (2) розв'язується симплекс-методом і на останній ітерації непрямі обмеження цієї задачі набули вигляду:

$$x_i + \sum_{j=m+1}^n a_{ij} x_j = \beta_i, \quad i = 1, \dots, m
 \tag{3}$$

і, таким чином, розв'язком допоміжної ЗЛП є n -вимірний вектор $\bar{x} = (\beta_1, \dots, \beta_m, 0, \dots, 0)$.

Отже, якщо до обмежень ЗЛП (3) або, що рівносильно, до непрямих обмежень ЗЛП (2), додати наступне обмеження

$$x_{n+1} - \sum_{j=m+1}^n \{a_{ij}\}x_j = \{\beta_i\}, x_{n+1} \geq 0 \quad (4)$$

де x_{n+1} – додаткова змінна, і розв'язати ЗЛП (2), (4), то одержимо розв'язок, відмінний від $(\beta_1, \dots, \beta_m, 0, \dots, 0)$. Новий розв'язок також може бути нецілочисельним, що приведе до необхідності додавання нового обмеження виду (4) і т. д. Зауважимо, що якщо в обмеженні (4) є індекс першої нецілочисельної змінної, то можна гарантувати скінченність алгоритму першого методу Гоморі. [3]

4.1.2 Другий метод Гоморі

Другий метод Гоморі призначається для розв'язування частково (зокрема, повністю) цілочисельних ЗЛП:

$$L(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$x_j - \text{ціле}, j = 1, \dots, p \quad (p \leq n) \quad (8)$$

Метод розв'язування задачі (5)–(8) ґрунтується на тій же ідеї, що і метод розв'язування ЗЦЛП. А саме: розв'язується допоміжна ЗЛП (5)–(7), що одержується з вихідної відкиданням умови цілочисельності (8). Якщо

ця задача розв'язку не має, то, очевидно, і вихідна частково ЗЦЛП не має розв'язку. Якщо ж ЗЛП (5)–(7) має розв'язок, то він аналізується на допустимість для задачі (5)–(8). Якщо знайдений оптимальний розв'язок є цілочисельним (у розумінні умов (8)), то він одночасно є оптимальним і для задачі (5)–(8). Інакше від розв'язаної ЗЛП переходять до нової допоміжної ЗЛП додаванням лінійного обмеження, яке задовольняють цілочисельні розв'язки вихідної часткової ЗЦЛП, але не задовольняє одержаний нецілочисельний розв'язок вихідної ЗЛП. Це додаткове обмеження визначає деяку відтинаючу площину і називається правильним відтином. Додавання нових правильних відтинів відбувається доти, поки на деякому кроці не буде одержано цілочисельний розв'язок допоміжної задачі, що є, очевидно, оптимальним розв'язком часткової ЗЦЛП.

Нехай допоміжна ЗЛП розв'язується симплекс-методом і на останній ітерації непрямі обмеження цієї задачі набули вигляду:

$$x_i + \sum_{j=m+1}^n a_{ij} x_j = \beta_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

і, таким чином, розв'язком допоміжної ЗЛП є n -вимірний вектор $\bar{x} = (\beta_1, \dots, \beta_m, 0, \dots, 0)$.

Лінійне обмеження:

$$\sum_{j=m+1}^n \gamma_{rj} x_j \geq \{\beta_r\}$$

або, що рівносильно,

$$x_{n+1} - \sum_{j=m+1}^n \gamma_{rj} x_j = -\{\beta_r\}, x_{n+1} \geq 0 \quad (10)$$

де

$$\gamma_{rj} = \begin{cases} \{a_{rj}\} & \text{якщо } j \leq p, \{a_{rj}\} \leq \{\beta_r\} \\ \frac{\{\beta_r\}(1 - \{a_{rj}\})}{1 - \{\beta_r\}} & \text{якщо } j \leq p, \{a_{rj}\} > \{\beta_r\} \\ a_{rj} & \text{якщо } j > p, a_{rj} \geq 0 \\ \frac{\{\beta_r\}(-a_{rj})}{1 - \{\beta_r\}} & \text{якщо } j > p, a_{rj} < 0 \end{cases} \quad (11)$$

а x_{n+1} – додаткова змінна, є правильним відтином для частково ЗЦЛП (7) – (8).

Якщо r в обмеженні (10) є індекс першої нецілочисельної змінної серед перших p змінних, то алгоритм другого методу Гоморі є скінченним. [3]

4.1.3 Третій метод Гоморі

Розглядаємо ЗЦЛП:

$$L(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (13)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (14)$$

$$x_j - \text{ціле}, j = 1, \dots, n \quad (15)$$

Нехай непрямі обмеження ЗЛП (12)–(14), наприклад, у базисі A_1, \dots, A_m приведені до майже канонічного вигляду:

$$x_i + \sum_{j=m+1}^n a_{ij}x_j = \beta_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (16)$$

де $a_{ij}, \beta_i, i = 1, \dots, m, j = m + 1, \dots, n$, – цілі і симплекс-різниці $\Delta_j \geq 0, j = 1, \dots, n$. З непрямыми обмеженнями (16) ЗЛП (12)–(14) називається майже канонічною. Якщо $\beta_i \geq 0, i = 1, \dots, m$, то обмеження визначають оптимальний розв'язок задачі (12)–(15), інакше визначається деякий цілочисельний майже допустимий базисний розв'язок вихідної ЗЛП. Можна було б, звичайно, вибрати один з індексів i , для якого $\beta_i < 0$, і виконати ітерацію двоїстого симплекс-методу. Проте у цьому випадку цілочисельність параметрів нової симплекс-таблиці була б, взагалі кажучи, порушена через необхідність ділення на ведучий елемент перетворення. Цілочисельність нової таблиці гарантується лише тоді, коли ведучий елемент дорівнює -1 .

Виявляється, що можна побудувати додаткове обмеження, якому задовольняють всі цілочисельні розв'язки задачі (12)–(15) і яке разом з тим визначає ведучий рядок перетворення, що має ведучий елемент -1 . Будується воно за l -м обмеженням системи (16), для якого $\beta_l < 0$:

$$x_l + \sum_{j=m+1}^n a_{lj}x_j = \beta_l \quad (17)$$

Якщо серед обмежень (16) є декілька з від'ємною правою частиною, то l вибирається, як правило, з умови $\beta_l = \min_{i:\beta_i < 0} \beta_i$.

Поділимо обидві частини (17) на довільне число $\alpha > 0$ і запишемо одержаний результат у вигляді:

$$\frac{x_l}{\alpha} + \sum_{j=m+1}^n \left\{ \frac{a_{lj}}{\alpha} \right\} x_j - \left\{ \frac{\beta_l}{\alpha} \right\} = \left[\frac{\beta_l}{\alpha} \right] - \sum_{j=m+1}^n \left[\frac{a_{lj}}{\alpha} \right] x_j \quad (18)$$

Ліва частина (18) при $x_j \geq 0, j = 1, \dots, n$, являє собою різницю двох величин

$$\frac{x_l}{\alpha} + \sum_{j=m+1}^n \left\{ \frac{a_{lj}}{\alpha} \right\} x_j \geq 0, \quad \left\{ \frac{\beta_l}{\alpha} \right\} < 1$$

тобто строго більша -1 . Отже, права частина, будучи цілим числом при цілочисельних x_j , задовольняє умову

$$\left[\frac{\beta_l}{\alpha} \right] - \sum_{j=m+1}^n \left[\frac{a_{lj}}{\alpha} \right] x_j \geq 0 \quad (19)$$

яка є вірною для будь-якого допустимого розв'язку задачі (12)–(15).

Уводячи додаткову змінну x_{n+1} , перепишемо (19) у вигляді

$$x_{n+1} + \sum_{j=m+1}^n \left[\frac{a_{lj}}{\alpha} \right] x_j = \left[\frac{\beta_l}{\alpha} \right], \quad x_{n+1} \geq 0 \quad (20)$$

Очевидно, що з від'ємності a_{lj} випливає від'ємність $[a_{lj}/\alpha]$ і навпаки. Тому $[\beta_l/\alpha] < 0$ і серед чисел $[a_{lj}/\alpha]$ є від'ємні, тобто рядок таблиці, що визначається новим обмеженням (20), може бути прийнятий за ведучий для наступного симплексного перетворення. Разом з тим при $\alpha = \max_{j=m+1, \dots, n} (-a_{lj})$ кожному від'ємному $a_{lj}, j = m+1, \dots, n$, відповідає $[a_{lj}/\alpha] = -1$, тобто ведучий елемент цього перетворення явно дорівнює -1 .

Отже, розширюємо наявну симплекс-таблицю за рахунок $(m+1)$ -го рядка з елементами $[a_{lj}/\alpha]$ (елементи, що відповідають базисним змінним, рівні нулю) та одиничного стовпця A_{n+1} , що відповідає додатковій змінній x_{n+1} . Потім виконується симплекс-перетворення з $(m+1)$ -м ведучим рядком і ведучим стовпцем, що вибирається за правилами двоїстого симплекс-методу. Тоді нова симплекс-таблиця буде повністю цілочисельною. Описана послідовність дій складає окрему ітерацію алгоритму третього методу Гоморі. Ітерації виконуються доти, поки не буде отримана симплекс-таблиця, в якій усі праві частини невід'ємні, або є рядок з від'ємною правою частиною і невід'ємними рештою елементів. У першому випадку ЗЦЛП розв'язана, у другому — її обмеження є суперечливими. Якщо на будь-якій ітерації одна з додаткових змінних переходить з небазисних у базисні, то відповідні їй рядок і стовпець симплекс-таблиці викреслюються з подальшого розгляду. [3]

4.2 Метод віток та границь

Для розв'язання задач дискретного (зокрема цілочисельного) лінійного програмування широко використовується метод віток та границь. Цей метод належить до класу комбінаторних методів і зводиться до направленої перебору варіантів розв'язків оптимізаційної задачі, коли розглядаються лише ті з них, які виявляються за певними ознаками перспективними, і відкидаються відразу цілі множини варіантів, що є безперспективними.

Розглянемо загальну схему методу на прикладі оптимізаційної задачі

$$f(x) \rightarrow \min, x \in D \quad (21)$$

де D — скінченна множина, $x \in E^n$.

Основу методу складають такі процедури.

1. Обчислення нижньої оцінки (границі) для значень цільової функції $f(x)$ на допустимій множині $D = D^0$ (або на деякій її підмножині), тобто, знаходження числа $\xi(D^0)$, такого, що $f(x) \geq \xi(D^0)$ для всіх $x \in D^0$. Питання про те, як знаходиться $\xi(D^0)$, вирішується окремо для кожної задачі.

2. Розбиття на підмножини (розгалуження). Реалізація методу пов'язана з розгалуженням множини (або деякої її підмножини) в дерево підмножин згідно такої схеми.

Нульовий (початковий) крок. Деяким чином (в залежності від задачі) множина D^0 розбивається на скінченне число підмножин $D^{1,1}, \dots, D^{1,N_1}$, таких, що не перетинаються між собою, і $D^0 = \bigcup_{l=1}^{N_1} D^{1,l}$.

На s -му кроці ($s \geq 1$) маємо множини $D^{s,1}, \dots, D^{s,N_s}$, одержані на попередньому кроці. За певним правилом (що формулюється нижче) серед них вибирається множина $D^{s,u}$, яка вважається перспективною. Ця множина розбивається на скінченне число підмножин $D^{s,u,1}, \dots, D^{s,u,l}, \dots, D^{s,u,k_u}$ таких, що не перетинаються між собою, і $D^{s,u} = \bigcup_{l=1}^{k_u} D^{s,u,l}$.

Перепозначаємо множини $D^{s,1}, \dots, D^{s,u-1}, D^{s,u+1}, \dots, D^{s,N_s}$, що не розгалужувалися, та множини $D^{s,u,1}, \dots, D^{s,u,l}, \dots, D^{s,u,k_u}$, одержані розгалуженням $D^{s,u}$, через $D^{s+1,1}, \dots, D^{s+1,N_{s+1}}$.

3. Обчислення оцінок. На кожному кроці розгалуження знаходимо оцінки $\xi(D^{s,l})$, $l = 1, \dots, N_s$, такі, що $f(x) \geq \xi(D^{s,l})$ для всіх $x \in D^{s,l}$. В будь-якому випадку, якщо $D^{s,u} = \bigcup_{l=1}^{k_u} D^{s,u,l}$, то, як легко бачити, $\xi(D^{s,u,l}) \geq \xi(D^{s,u})$, $l = 1, \dots, k_u$.

4. Знаходження розв'язків. Для конкретних задач можна вказати різні способи (що, звичайно, визначаються специфікою задачі) знаходження допустимих розв'язків на послідовно розгалужуваних підмножинах.

5. Критерій оптимальності. Нехай $D^0 = \bigcup_{l=1}^{N_s} D^{s,l}$ і $x^{s,u} \in D^{s,u}$. Якщо при цьому $f(x^{s,u}) = \xi(D^{s,u}) \leq \xi(D^{s,l})$, $l = 1, \dots, N_s$, то $x^{s,u}$ є оптимальним розв'язком задачі (21). [3]

4.2.1 Алгоритм Ленд-Дойг

Далі наводиться алгоритм методу Ленд-Дойг, який являє собою реалізацію методу віток та границь для задачі цілочисельного лінійного програмування:

$$L(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (23)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (24)$$

$$x_j - \text{ціле}, j = 1, \dots, n \quad (25)$$

де $R_i (i = 1, \dots, m)$ — будь-які з відношень $\leq, \geq, =$.

Деякі з чисел d_j в (24) можуть дорівнювати $+\infty$. Передбачається, що многогранна множина, яка визначена співвідношеннями (23), (24), є обмеженою.

Розв'язується допоміжна ЗЛП (22)–(24), яка отримана з вихідної ЦЗЛП (22)–(25) відкиданням умови цілочисельності змінних (25) (вітка 0;1). Якщо її розв'язок $x(0;1)$ — цілочисельний, то він же є і розв'язком вихідної ЗЦЛП. Інакше величина $\xi(0;1) = L(x(0;1))$ дає нижню оцінку (границю) цільової функції ЗЦЛП на множині $D(0;1) = D$, що визначається співвідношеннями (23)–(24).

Нехай деяка координата $x_j(0; 1)$ ($j = 1, \dots, n$) розв'язку $x(0; 1)$ не є цілочисельною. В цьому випадку здійснюється розгалуження множини $D(0; 1)$ на дві підмножини $D(1; 1)$ і $D(1; 2)$ додаванням до обмежень, що задають $D(0; 1)$, обмежень $x_j \leq [x_j(0; 1)]$ та $x_j \geq [x_j(0; 1)] + 1$ відповідно, де $[z]$ — ціла частина числа z . Далі розв'язуються нові допоміжні ЗЛП з обмеженнями, які визначаються підмножинами $D(1; 1)$ та $D(1; 2)$, знаходяться границі $\xi(1; 1)$ та $\xi(1; 2)$ і т. д.

Для подальшого розгалуження обирається перспективна множина $D(k; r)$ з найменшою границею $\xi(k; r)$. Процес продовжується доти, поки не буде отримано розв'язок, який задовольняє умову цілочисельності і для якого виконується ознака оптимальності. Внаслідок обмеженості допустимої множини ЗЛП (скінченності допустимої множини ЗЦЛП) метод Ленд- Дойг скінченний. [3]



4.3 Висновки

Підчас вибору методу вирішення поставленої задачі перевага надавалась точним методам, бо наближені методи не гарантують вірної відповіді, що може бути критичним для дистриб'ютора.

Для поставленої задачі жоден з точних методів не проявив значних переваг над іншими, тому було обрано метод перший алгоритм Гоморі.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Процес проектування програмного забезпечення складається з наступних етапів:

- а) моделювання бізнес процесів;
- б) інфологічне проектування;
- в) даталогічне проектування;
- г) розробка алгоритму.

Детальніше про кожен з цих етапів написано нижче.

5.1 Категорії користувачів

Користувачі даного програмного забезпечення розділяються на дві групи:

- а) працівники відділу управління багатомономенклатурним запасом;
- б) звичайні працівники.

Працівники відділу управління багатомономенклатурним запасом мають повний доступ до даних проекту. Вони можуть виконувати наступні дії:

- а) додавати, редагувати, видаляти постачальників;
- б) додавати, редагувати, видаляти наявні типи транспортних засобів;
- в) додавати, редагувати, видаляти номенклатуру товару.

Звичайні працівники не мають доступу до зміни даних. Вони можуть лише бачити план закупівлі товару та кількість використаних транспортних засобів.

5.2 Класи даних

Для повноцінного функціонування підсистеми необхідні наступні вхідні дані:

а) дані про номенклатуру товарів:

- 1) назва товару;
- 2) попит на товар;
- 3) вага одиниці товару;
- 4) розміри одиниці товару;

б) дані про постачальників:

- 1) назва постачальника;
- 2) адреса постачальника;
- 3) відстань від дистриб'ютора;

в) дані про транспортні засоби:

- 1) вантажопідйомність;
- 2) розміри кузова; $\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i^2}$
- 3) споживання пального; $e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$
- 4) марка пального; 01010110
 010001
 101
- 5) вартість пального.

В результаті виконання операцій будуть отримані наступні дані про проект:

- а) план закупівлі товарів у постачальників;
- б) кількість машин, що відправиться до кожного постачальника;
- в) загальні витрати дистриб'ютора на доставку.

5.3 Бізнес правила

Програмне забезпечення відслідковує життєвий цикл наступних об'єктів:

- а) товар;
- б) постачальник;
- в) транспортний засіб.

Товар – об'єкт відділу управління багатомономенклатурним запасом. Створюється тоді, коли з'являється попит на певний товар. Відповідно у систему заносяться відомості про кількість даного товару у різних постачальників.

У разі відсутності попиту на певний товар(видалення запису з бази даних) відбувається каскадне видалення інформації. Спочатку видаляється інформація про наявність товару у постачальників, потім видаляється сам об'єкт.

Постачальник – об'єкт відділу управління багатомономенклатурним запасом. Створюється коли торгівельна організація укладає договір поставки товару певною фірмою. В систему заносяться відомості про наявний у постачальника товар, на який дистриб'ютор має попит, відстань від дистриб'ютора до постачальника та вартість перевезення товару різними транспортними засобами.

Коли постачальник не може виконати свої зобов'язання або не здійснює їх за іншими причинами за укладеним договором поставки, то організація відмовляється від співпраці з цим постачальником(видалення запису з бази даних) і відбувається каскадне видалення інформації. Спочатку видаляються відомості про наявний у постачальника товар. Потім відбувається видалення відомостей про вартість перевезення товару від цього постачальника різними транспортними засобами. В кінці видаляється сам постачальник.

Транспортний засіб – об’єкт транспортного відділу. Створюється коли дистриб’ютор отримує у використання новий транспортний засіб. В залежності від відстані між дистриб’ютором та постачальниками, а також вартості та споживанні пального визначається вартість перевезення товару даним транспортним засобом.

Коли транспортний засіб ламається або через будь-які інші причини вилучається з використання(видалення запису з бази даних) відбувається каскадне видалення інформації. Спочатку видаляються відомості про вартість перевезення цим транспортним засобом товарів від різних постачальників, потім видаляється сам транспортний засіб

5.4 Матриця елементарних подій

Матриця елементарних подій, яка відображає реакцію програмного забезпечення на різні дії користувача зображена в табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Матриця елементарних подій

№	Опис події	Тип події	Реакція на подію
1	Користувач хоче зайти в програму	N	Відкрити вікно входу в програму. Запропонувати користувачу ввести свій логін і пароль.
2	Користувач не має логіна і пароля.	N	Запропонувати користувачу звернутися до відділу кадрів з проханням видати логін і пароль.

Продовження таблиці 5.1

3	Користувач виконує автентифікацію.	N	Перевірити наявність користувача з даним логіном і паролем в базі даних. У випадку існування користувача перейти до авторизації, інакше вивести повідомлення про помилку і запропонувати ввести дані ще раз.
4	Користувач виконує авторизацію.	N	Визначення типу користувача. Надання користувачу прав доступу.
5	Користувач не може підключитися до бази даних.	N	Вивести інформацію про тип помилки. Запропонувати користувачу відкрити вікно налаштування підключення до бази даних.
6	Працівник управління багатоміномклатурним запасом виконує вхід в програму.	N	Відкриття програми в режимі повного доступу до даних підсистеми.
7	Звичайний працівник виконує вхід в програму.	N	Відкриття програми в обмеженому режимі.
8	Працівник управління багатоміномклатурним запасом хоче додати, редагувати або видалити постачальника.	N	Відкрити вікно редагування інформації. Перевірити правильність введення параметрів. Додати інформацію в базу даних. Повідомити про успішне виконання.

Продовження таблиці 5.1

9	Працівник відділу управління багатоменклатурним запасом хоче додати, редагувати або видалити товар.	N	Відкрити вікно редагування інформації. Перевірити правильність введення параметрів. Додати інформацію в базу даних. Повідомити про успішне виконання.
10	Працівник відділу управління багатоменклатурним запасом хоче додати, редагувати або видалити транспортний засіб.	N	Відкрити вікно редагування інформації. Перевірити правильність введення параметрів. Додати інформацію в базу даних. Повідомити про успішне виконання.
11	Користувач хоче переглянути інформацію про постачальників, товар або транспортний засіб.	N	Відкрити вікно відображення інформації, що знаходиться у базі даних.
12	Користувач хоче скласти оптимальний план закупівлі товару та визначити тип та кількість транспортних засобів.	N	Відкрити вікно для перегляду плану закупівлі товару та кількості задіяних транспортних засобів.
13	Користувач хоче завершити програму	N	Закрити програму.
14	Системна помилка	NN	Закрити програму.

5.5 Моделювання бізнес процесів

Моделювання бізнес процесів передбачає виділення головних процесів системи, а також даних, необхідних для функціонування цих процесів. Взаємодію процесів з даними зображуються за допомогою DFD.

Основний процес системи – вибір постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора. З зовнішнього середовища процес отримує наступну інформацію:

- а) відомості про транспортні засоби;
- б) номенклатура товару;
- в) відомості про постачальників.

Узагальнена схема потоку даних представлена DFD0 і зображена на рис. 5.1



Рисунок 5.1 – DFD0 процесу вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора

Для детальнішого опису процесу потрібно виконати декомпозицію процесу. Основний процес включає в себе:

- а) внесення до системи відомостей про товар;
- б) внесення до системи відомостей про наявний у постачальника товар;
- в) внесення до системи відомостей про вартість перевезення товару кожною машиною;
- г) внесення до системи параметрів транспортних засобів;
- д) формування звітів.

Результат декомпозиції представлений DFD1 і зображений на рис. 5.2

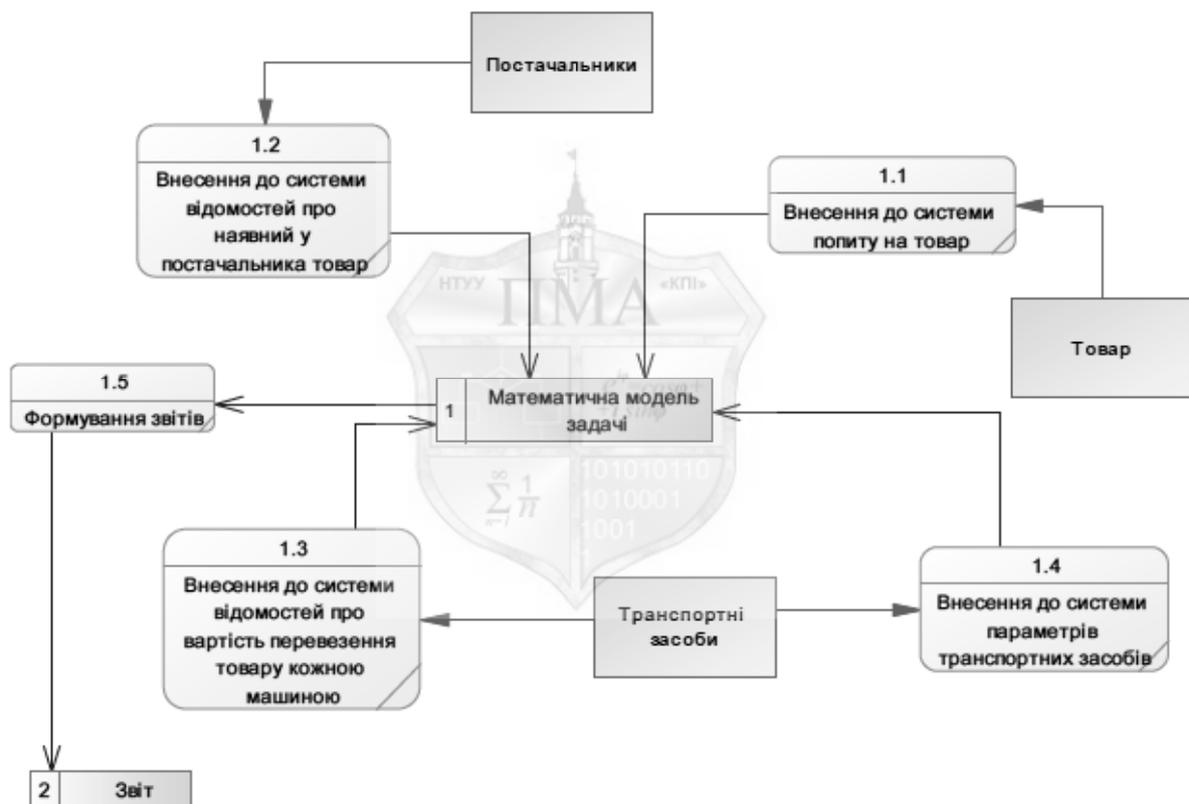


Рисунок 5.2 – DFD1 основного процесу

5.6 Інфологічне проектування

Для побудови інфологічної моделі даних було використано модель типу «Сутність-зв'язок», яка складається з трьох конструктивних елементів: сутність, атрибут, зв'язок.

5.6.1 Опис сутностей і атрибутів

Основні сутності, а також їх атрибути, необхідні для створення оптимального плану перевезень:

а) goods – номенклатура товару та попит на нього у заданий час:

- 1) number_of_goods – ідентифікаційний номер товару;
- 2) name_of_goods – назва товару;
- 3) required_boxes – кількість ящиків для замовлення;
- 4) weight_of_box – вага однієї коробки товару;
- 5) width_of_box – ширина однієї коробки товару;
- 6) height_of_box – висота однієї коробки товару;
- 7) length_of_box – довжина однієї коробки товару;
- 8) size_of_box – об'єм однієї коробки товару;

б) supplier – перелік постачальників:

- 1) number_of_supplier – ідентифікаційний номер постачальника;
- 2) name_of_supplier – постачальник;
- 3) address – адреса постачальника;
- 4) distanse_from_distributor – відстань між постачальником та

дистриб'ютором;

в) vehicle – перелік наявних у дистриб'ютора транспортних засобів:

- 1) name_of_vehicle – назва транспортного засобу;

- 2) bearing_capacity – вантажопідйомність;
- 3) truck_lenght – довжина кузова;
- 4) truck_width – ширина кузова;
- 5) truck_height – висота кузова;
- 6) truck_size – об'єм кузова;
- 7) fuel_consumption – споживання пального;
- 8) fluel_name – назва пального;
- 9) fluel_price – вартість пального.

Додатково було створено проміжні сутності, які необхідні для виконання задачі планування:

а) vehicle_supplier – відношення між транспортними засобами та постачальником:

- 1) transportation_value – вартість перевезення;

б) supplier_has_goods – відомості про наявний у постачальника товар:

- 1) quantity_of_boxes – кількість ящиків;
- 2) unit_value – вартість одиниці товару.

5.6.2 Опис зв'язків

Зв'язок між товаром та постачальником – «батато до багатьох», тобто у постачальника можуть бути у наявності велика кількість різних товарів, а один товар може бути у наявності у великої кількості постачальників. Дана залежність вноситься в окрему таблицю.

Зв'язок між транспортними засобами та постачальниками – «батато до багатьох», тобто до одного постачальника можна відправити різні транспортні засоби, а один транспортний засіб може бути відправлений до різних постачальників. Дана залежність вноситься в окрему таблицю.

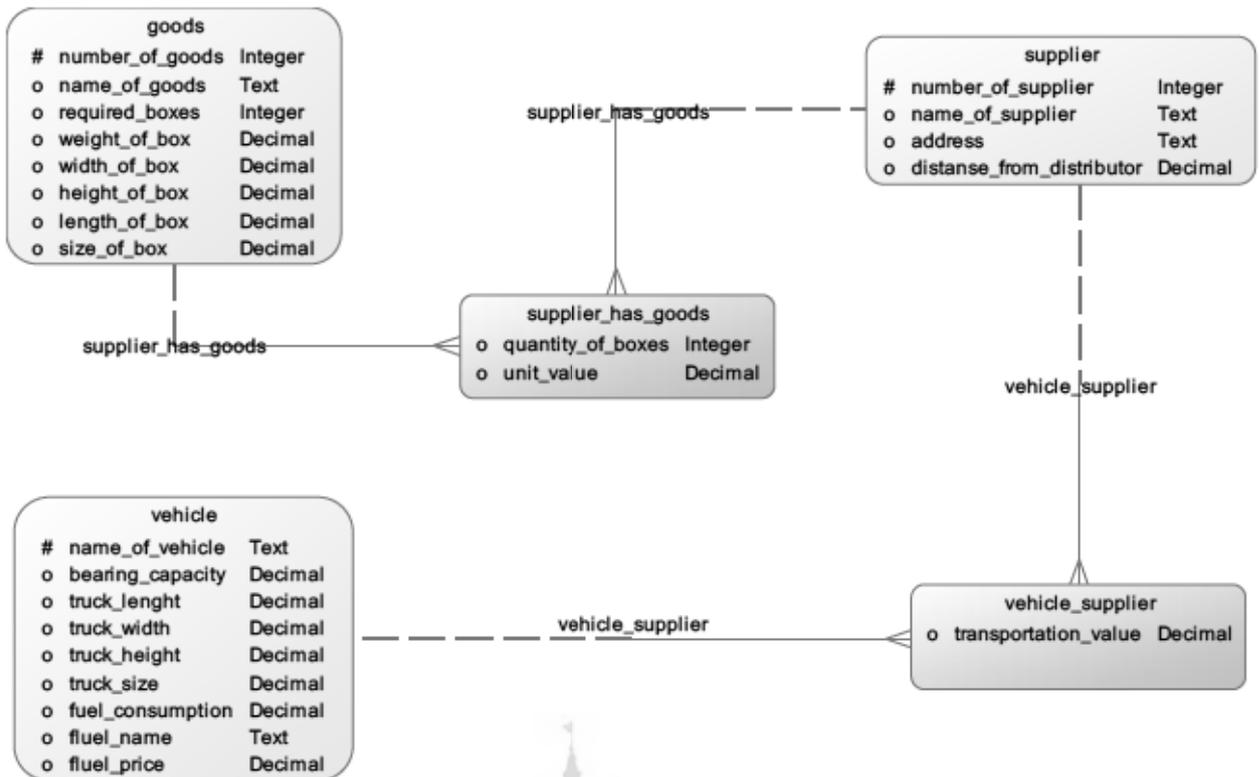


Рисунок 5.3 – Концептуальна модель сутність-зв'язок

5.7 Даталогічне проектування

На базі концептуальної моделі, описаної в розділі 5.6, можна створити логічну модель. Для цього потрібно:

- для кожного атрибуту визначити тип;
- для кожної сутності визначити первинні ключі (PK);
- поєднати таблиці використовуючи зовнішні ключі (FK);
- зв'язки типу «багато до багатьох» замінити допоміжними таблицями.

Для зручності програмної реалізації в кожній сутності було введено штучні первинні ключі цілочисельного типу. Два зв'язки типу «багато до багатьох» було замінено на допоміжні таблиці. Таблиці були поєднані за допомогою зовнішніх ключів і визначені типи кожного атрибуту. Результат виконання даних операцій можна побачити на рис. 5.4

Наступний крок – перехід до фізичної моделі даних. У фізичній моделі передбачається використання конкретної бази даних. В даній роботі використовується СКБД Oracle 10g. Архітектура програмного забезпечення «клієнт-серверна». Частина логіки розміщена на клієнті, частина на сервері. Результуючу фізичну модель бази даних можна побачити на рис. 5.5

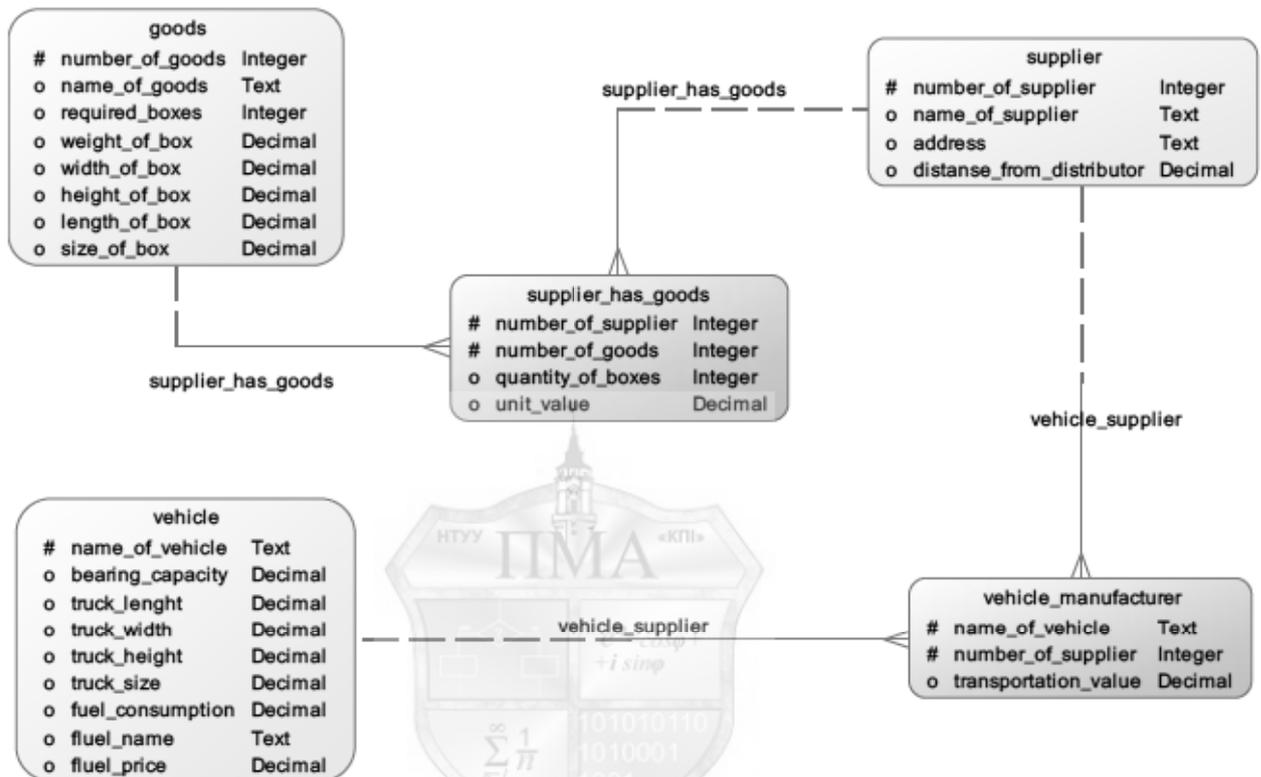


Рисунок 5.4 – Логічна модель

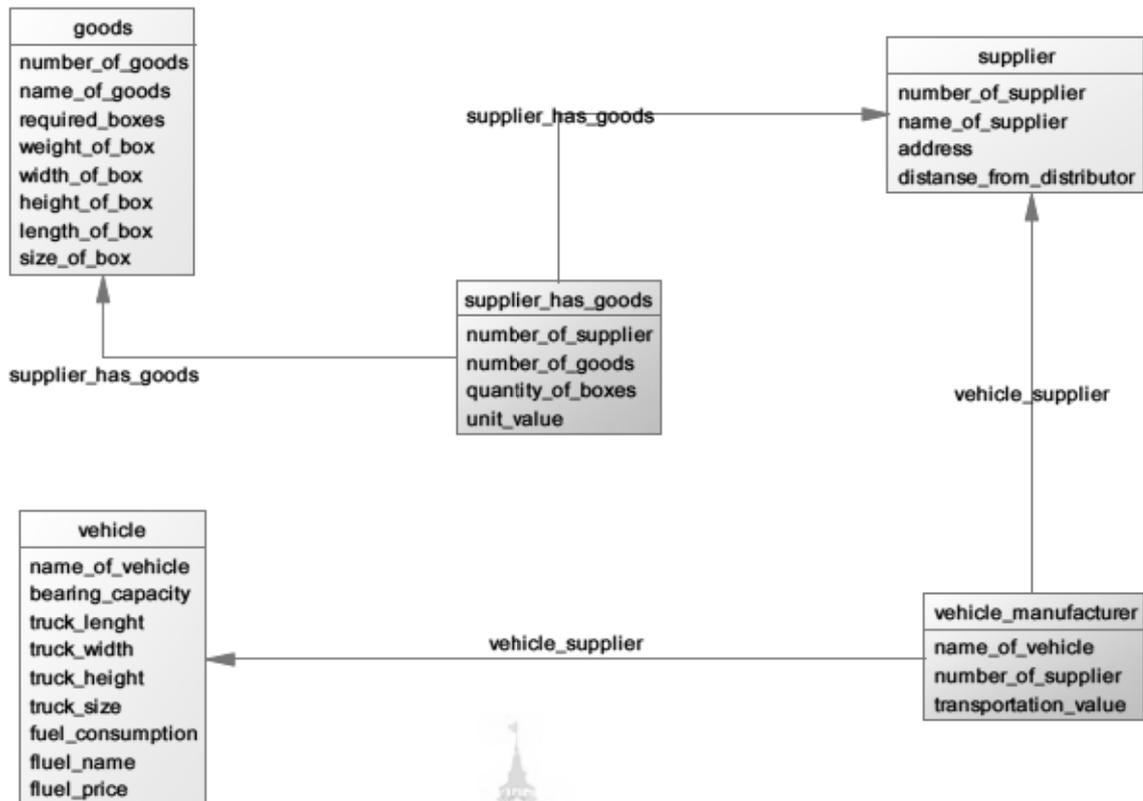


Рисунок 5.5 – Фізична модель сутність-зв'язок

5.8 Розробка алгоритму

Алгоритм Гоморі для повністю цілочисельних задач включає в себе наступні етапи:

1. Вирішується задача лінійного програмування, при цьому умова цілочисельності відкидається. Якщо отримана відповідь цілочисельна, то вона є рішенням. Якщо ні, то перехід на наступний крок.
2. Серед дробових чисел вибирається елемент з найбільшою дробовою частиною і складається додаткове обмеження.
3. Нерівність перетворюється в рівняння шляхом введення додаткової не від'ємної змінної.

4. Вирішується нова задача лінійного програмування. Якщо отримана відповідь цілочисельна, то вона є рішенням. Якщо ні, то перехід на крок 2.

5.9 Висновки

В даному розділі висунуто вимоги для програмного та інформаційного забезпечення. Визначено категорії користувачів системи, а також класи вхідних і вихідних даних. Бізнес правилами визначено об'єкти, життєвий цикл яких відслідковує система. Було сформульовано реакцію програмного забезпечення на різні дії користувача. А також виконано моделювання бізнес процесів дипломної роботи. Проведено інфологічне та даталогічне моделювання.



6. ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Тестування алгоритму полягає в перевірці правильності виконання оптимізації.

Програмне забезпечення було тестовано на простому прикладі, який можна порахувати вручну і перевірити правильність виконання. Вхідні дані розміщені в таблицях (6.1- 6.6).

Таблиця 6.1 – Номенклатура товару

№ п/п	Назва товару	Кількість ящиків для замовлення	Вага одного ящика (кг)	Ширина одного ящика (м)	Висота одного ящика (м)	Довжина одного ящика (м)	Об'єм одного ящика (м ³)
1	Шоколад Корона чорний без додатків 100г	526	2,5	0,23	0,15	0,3	0,0104
2	Шоколад Корона чорний з цілим лісовим горіхом 100г	481	2,5	0,23	0,15	0,3	0,0104

Продовження таблиці 6.1

3	Шоколад Корона чорний з цілим лісовим горіхом 200г	350	2	0,15	0,10	0,27	0,0041
---	--	-----	---	------	------	------	--------

Таблиця 6.2 – Перелік постачальників

№ п/п	Постачальник	Адреса постачальника	Відстань до дистриб'ютора
1	ТОВ фірма Брістоль	м.Мелітополь, пр.Хмельницького,40	420
2	ТОВ фірма Віконт	м.Луганськ, вул.Польова,83	326
3	ТОВ фірма Восток	м.Дніпропетровськ, вул.Алмазна,1	218

Таблиця 6.3 – Перелік наявних у дистриб'ютора транспортних засобів

Назва	Вантажо- підйом- ність (т)	Розміри кузова (м×м×м)	Об'єм кузова (м ³)	Споживання пального (100км/л)	Марка пального	Вартість пального (грн.)
ГАЗ 3302 Газель	1.5	3×2×1.5	9	19	А-92	10,45
ГАЗ 3302 М Газель	3	3×2×1.5	9	19	А-92	10,45

Таблиця 6.4 – Кількість наявного товару у постачальників

Номер товару	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
1	580	205	302
2	430	203	287
3	210	197	428

Таблиця 6.5 – Вартість товару у постачальників (грн.)

Номер товару	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
1	106,5	109,5	112,5
2	106,5	109,5	112,5
3	115	120	110

Таблиця 6.6 – Вартість перевезення товару транспортними засобами

Вантажівка	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
ГАЗ 3302 Газель	1867,82	1494,55	1065,68
ГАЗ 3302 М Газель	2043,38	1630,81	1156,8

В результаті обчислень був отриманий наступний план закупівлі товарів:

Таблиця 6.7 – План закупівлі товарів у постачальників

Номер товару	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
1	526	0	0
2	339	0	142

3	0	0	350
---	---	---	-----

До першого постачальника слід відправити одну машину типу ГАЗ 3302 М Газель, до третього – одну машину типу ГАЗ 3302 Газель. Загальні витрати дистриб'ютора на закупівлю складатимуть 149706,56 грн.

Результат виконання програми із наведеними даними зображено на рисунку (6.1):

Загальна вартість - 149706.56 грн.

План закупівлі товару у постачальників:

	№	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
▶	1	526	0	0
	2	339	0	142
	3	0	0	350
*	4			

Транспортні засоби:

	№	Постачальник №1	Постачальник №2	Постачальник №3
▶	1	0	0	1
	2	1	0	0
*				

Рисунок 6.1 – Результат роботи програми

6.1 Висновки

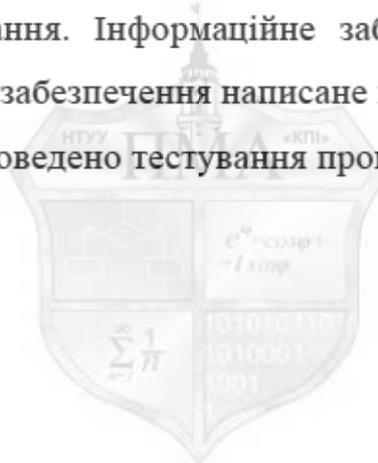
В даному розділі було проведено тестування програмного забезпечення. Теоретичний результат повністю співпав із результатом отриманим програмним шляхом. З огляду на це можна стверджувати, що програмне забезпечення успішно пройшло тестування.

ВИСНОВКИ

В даній роботі, згідно з поставленою задачею, було розроблено програмне забезпечення для вирішення задачі вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та типів транспортних засобів для доставки товару до дистриб'ютора. Для цього було сформовано математичну модель поставленої задачі, проаналізовано різні методи розв'язку даної задачі, і вирішено використати перший метод Гоморі.

Програмне забезпечення було розроблено поетапно. Спочатку виділено основні бізнес процеси, а також їх взаємодію. Виконано інфологічне та даталогічне проектування. Інформаційне забезпечення реалізовано СКБД Oracle 10g. Програмне забезпечення написано на мові програмування C#.

Було успішно проведено тестування програмного забезпечення.



ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нефьодов, Л. Багатокритеріальна математична модель вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора / Леонід Нефьодов, Дмитро Маркозов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012
2. Кальченко А. Г. Логістика : підручник / А. Г. Кальченко. – К. : КНЕУ, 2004.
3. “Дискретне програмування”. Методичні вказівки до проведення практичних та самостійних занять з курсу “Дослідження операцій” для студентів факультету кібернетики / Упорядн. Володимир Іванович Тюптя, Віталій Іванович Шевченко, Віктор Кіндратович Стрюк. — К.: Електронне видання. Електронна бібліотека факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2003.