

Вінницький національний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до  
магістерської кваліфікаційної роботи  
на тему:

**Оптимізація маршрутів перевезень лікарських засобів  
автомобільним транспортом приватного підприємства «Конекс»  
місто Вінниця**

Розробив: ст. гр. 1ТТ-18м  
Крупський Я. Ю.  
Керівник: к. т. н., доцент  
Смирнов Є. В.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи полягає в тому, щоб підвищити ефективність перевезень дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом на основі удосконалення методики оптимізації логістичних показників системи перевезення.

Для досягнення поставленої мети в магістерській класифікаційній роботі поставлені наступні завдання:

- 1) проаналізувати сучасний стан проблеми дрібнопартійних перевезень на автомобільному транспорті та показників їх оцінки
- 2) проаналізувати основні показники роботи ПП «Конекс» та його автотранспортного підрозділу
- 4) провести аналіз та систематизацію економіко-математичних методів застосовуваних для вирішення завдання маршрутизації;
- 5) удосконалити методику маршрутизації перевезення дрібнопартійних вантажів на базі методу Кларка-Райта;
- 7) вирішити задачу маршрутизації перевезень лікарських засобів ПП «Конекс» на основі удосконаленої методики та оцінити економічного ефекту від її використання

**Об'єкт дослідження** – процеси перевезення дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом в умовах підприємств роздрібної торгівлі.

**Предмет дослідження** - оптимізація логістичних показників перевезень дрібнопартійних вантажів на прикладі перевезення лікарських засобів ПП «Конекс».

**Наукова новизна роботи:**

- 1) уточнено означення дрібнопартійних перевезень, проведена класифікація дрібнопартійних перевезень;
- 2) отримали продовження методи маршрутизації дрібнопартійних перевезень вантажів на автомобільному транспорті
- 3) удосконалена методика оптимізації логістичних показників перевезення дрібнопартійних вантажів на автомобільному транспорті, отримана в результаті удосконалення алгоритму Кларка-Райта.

**Практична значимість.** Запропонована методика може застосовуватися організаціями, що здійснюють у своїй діяльності перевезення дрібнопартійних вантажів. Застосування методики для ПП «Конекс» дозволило зменшити транспортні витрати, оптимізувати чисельність працівників логістичної служби підприємства, відповідно, зменшити собівартість продукції і, тим самим, збільшити фінансовий результат підприємства та ефективність його діяльності. Методика розрахована на практичне застосування відділами логістики організацій, які застосовують перевезення дрібнопартійних вантажів.

## Зміст і класифікація дрібнопартійних перевезень

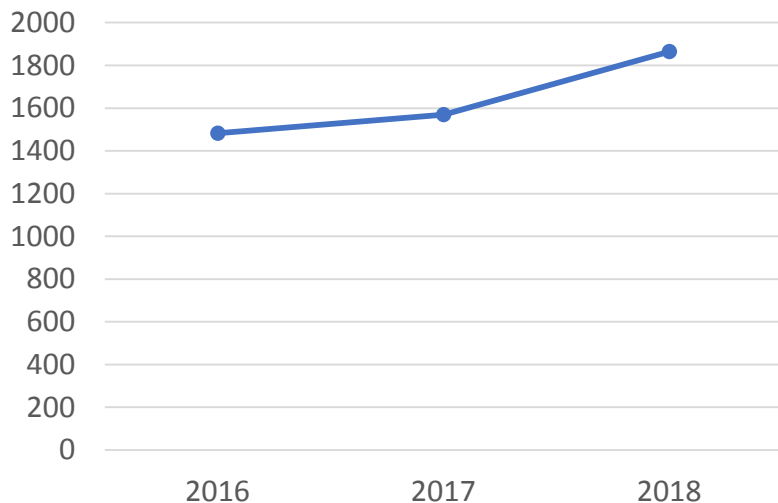
Дрібнопартійні перевезення на вантажному автомобільному транспорті – це таке перевезення, при якому маршрут розвізний, вага вантажу для одного вантажоодержувача не перевищує половини вантажопідйомності ТЗ, мінімальне число одержувачів два

Таблиця 1 - Класифікація дрібнопартійних перевезень.

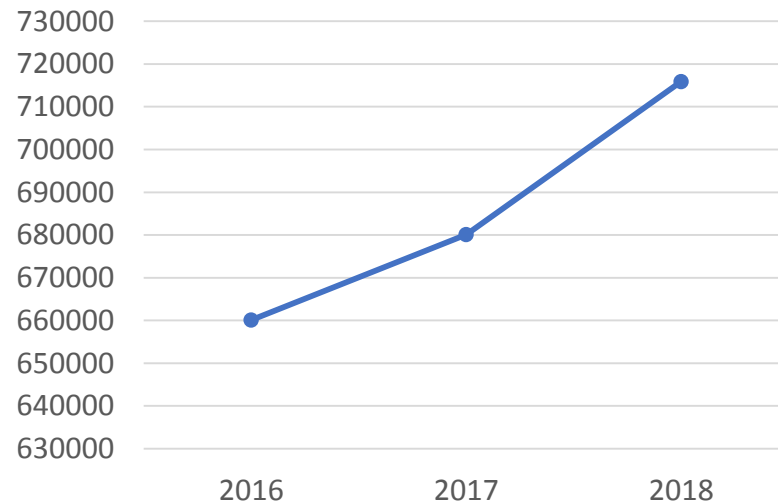
№	Ознака класифікації	Вид дрібнопартійних перевезень
1	Маса всієї партії вантажу	1) дрібнопартійні – від 0,25 до 3,6 т; 2) партійні – від 3,6 до 6 т.
2	Кількість вантажоотримувачів	1) мала – від 2 до 10; 2) середня – від 10 до 20; 3) велика – більше 20.
3	Довжина маршруту	1) коротка – від 10 до 50 км; 2) середня – від 50 до 100 км; 3) довга – більше 100 км.

# Рівень та динаміка основних фінансово-економічних показників ПП "Конекс" 2016-2018 рр.

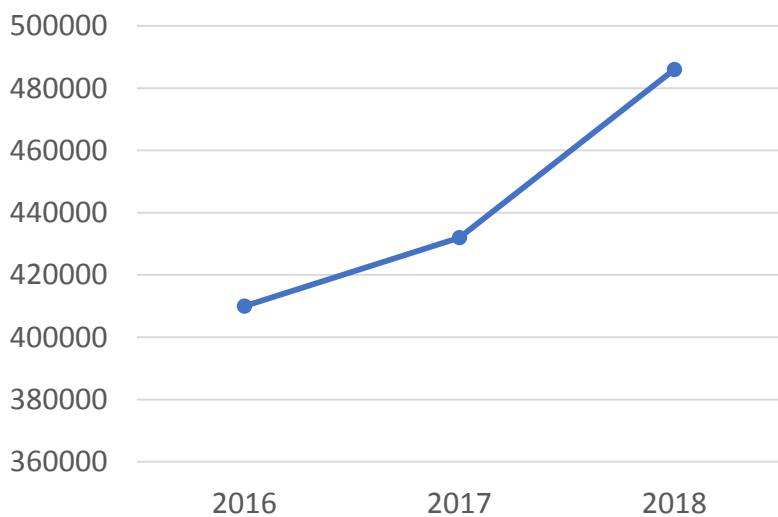
## Об'єм перевезень, т



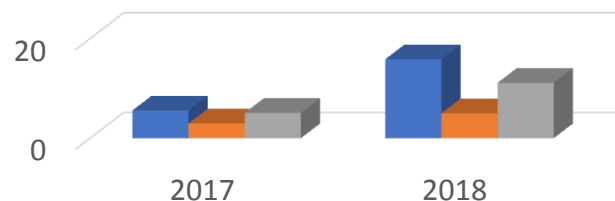
## Пробіг з вантажем, км



## Фонд ЗП логістів і диспетчерів, грн



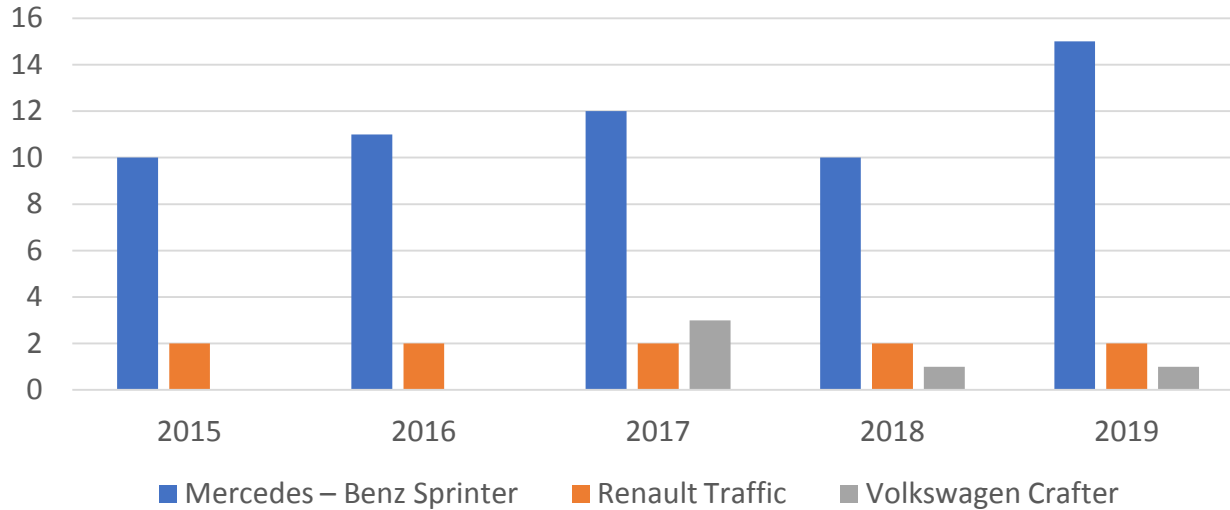
## Динаміка зростання показників, % до попереднього року



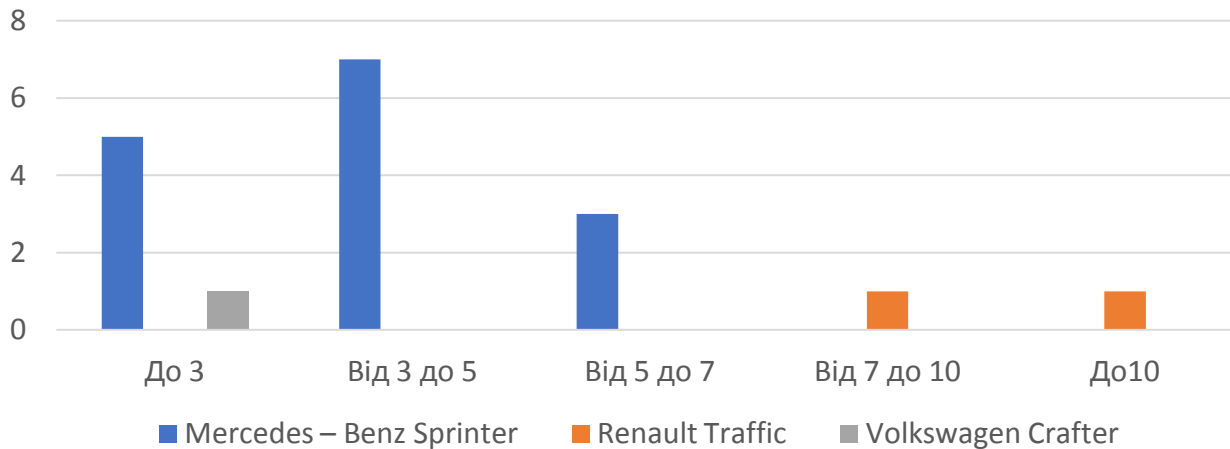
- Об'єм перевезень, т
- Відстань доставки, км
- Фонд ЗП логістів та диспетчерів, грн

# Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

## Склад парку рухомого складу за їх марками



## Кількість транспортних засобів за тривалістю їх використання



## Методи вирішення задач маршрутизації

№	Метод	Автори	Дата виникнення
Методи, які забезпечують отримання оптимального рішення			
I	Динамічне програмування	Беллман Р., Хелд М., Карп Р.	1964
II	Цілочислове лінійне програмування	Міллер С., Таккер А., Землін Р.	1960
III	Метод «гілок і кордонів»	Літл Дж., Мурті К., Шапіро Ф.	1965
Методи, які забезпечують отримання наближеного рішення			
I	Методи локальної оптимізації		
1	Алгоритм інверсій	Groes G.	1958
II	Методи випадкового пошук		
1	Мікрорайонування клієнтів	Семенов Б.В.	1970
2	Ситуаційне планування	Чалий А., Рибак Б.	1982
III	Евристичні методи.		
1	Економізуючий метод	Кларк Г., Райт Дж.	1964
2	Метод сумування по стовбцям	Воркут А.І.	1982
3	Вибір по найкоротшій зв'язуючій сітці	Воркут А.І.	1982
4	Метод «мітли»	Gillet B., Miller L.	1974
5	Метод Рена-Холлідея	Рен. А, Холлідей А.	1972
IV	Метаевристики		
1	Метод генетичних алгоритмів	Д.Х. Холланд	1975
2	Алгоритм мурашиної колонії	М. Доріго	1992
3	Метод імітації віджиму	А. Осман	1993
V	Теорія розкладу		Орлов Д.М.
VI	Імітаційне модулювання	Міротін Л.Б., Гольдін А.Г., Безель Б.П.	1989

## Аналіз алгоритму Кларка-Райта

Метод Кларка-Райта, він же економізуючий метод, він же метод «функції вигоди». Основна ідея методу полягає в перетворенні початкової системи маршрутів таким чином, щоб кожне окреме перетворення давало найбільше поліпшення. Початкові маршрути при цьому радіальні. Внаслідок перетворень радіальні маршрути добудовуються до кільцевих. Для цього застосовується матриця економії, розрахована на матриці відстаней. Можна доставити товар або двома радіальними маршрутами, або одним кільцевим.

$$L_1 = 2(l_{0i} + l_{0j})$$

У другому випадку загальний пробіг складе:

$$L_2 = l_{0i} + l_{ij} + l_{0j}$$

Економія (функція вигоди) при застосуванні кільцевого маршруту замість двох радіальних складе:

$$e_{ij} = L_1 - L_2 = l_{0i} + l_{0j} - l_{ij}$$

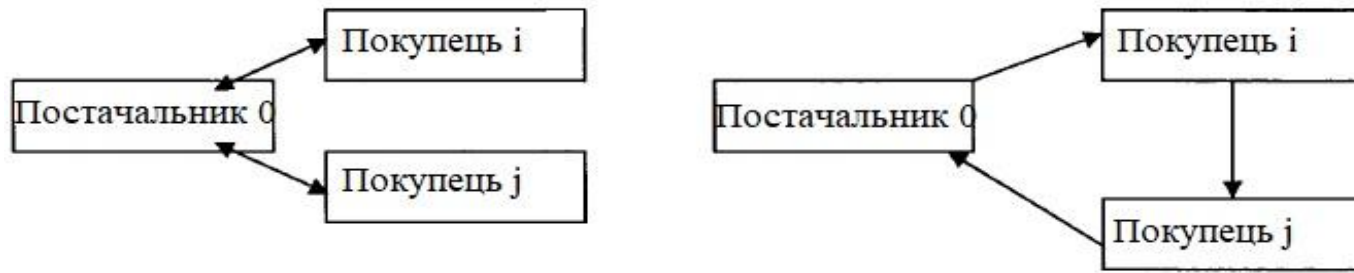
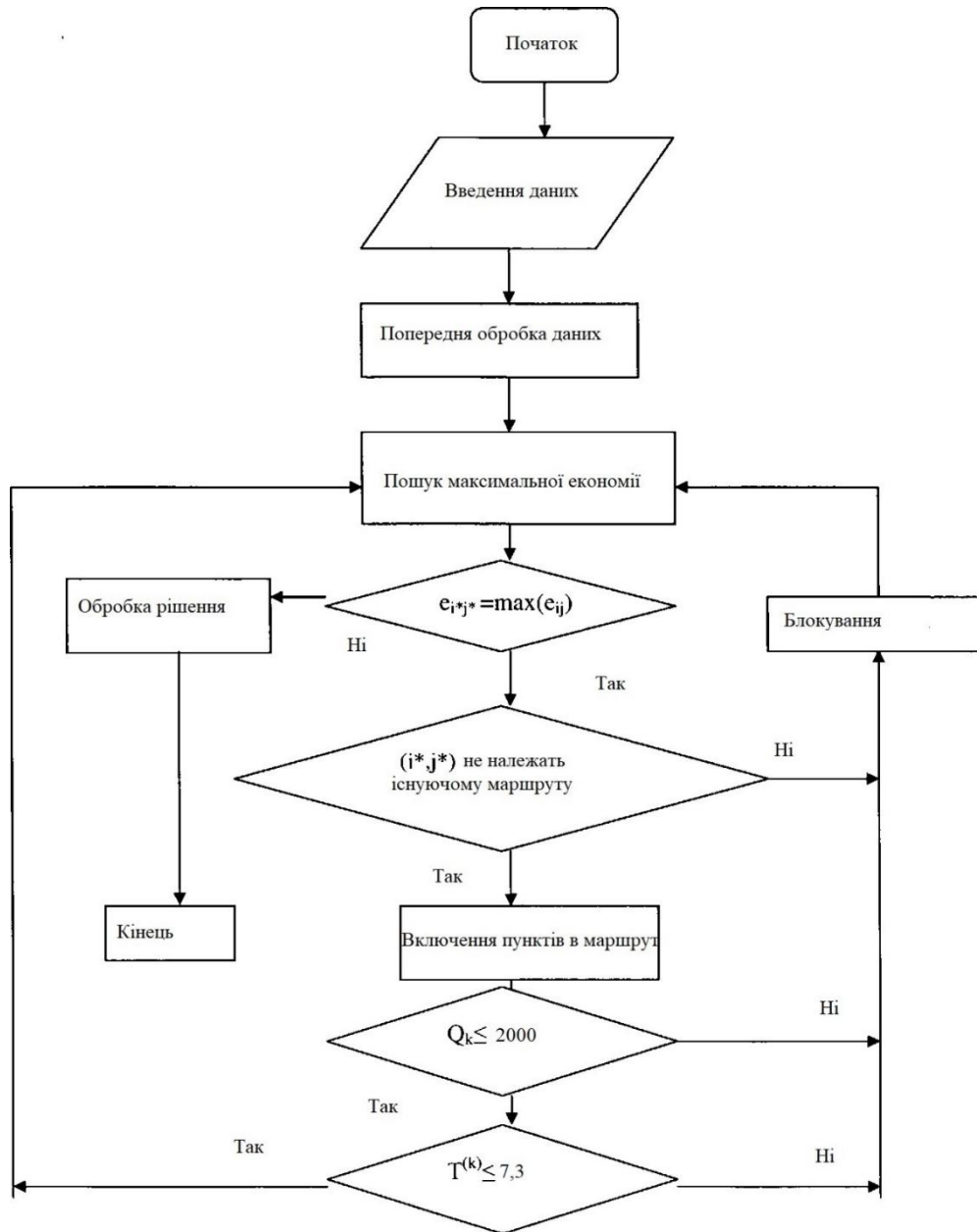


Рисунок 1 - Радіальний і кільцевий маршрути



# Блок-схема алгоритму Кларка-Райта



## Удосконалення алгоритму Кларка-Райта

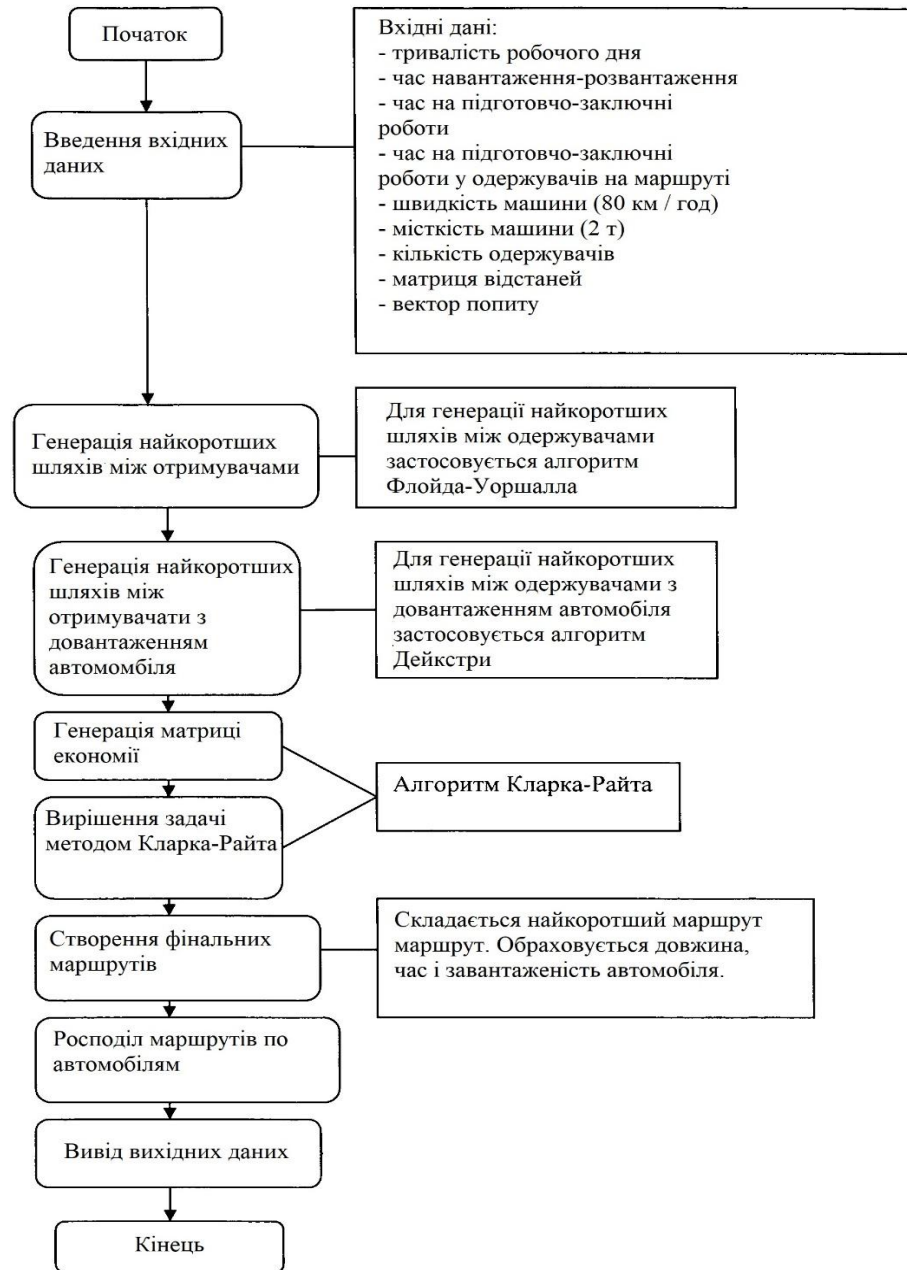
Ми пропонуємо вдосконалити алгоритм Кларка-Райта алгоритмами Флойда-Уоршалла та Дейкстри. Тут застосовується головна функція цих алгоритмів - пошук найкоротшого шляху між заданої початковою вершиною і заданою кінцевою вершиною. У загальному випадку матриця відстаней може враховувати тільки прямі зв'язки між пунктами. Ці маршрути далеко не завжди найкоротший. При включенні в маршрут нової вершини довжина маршруту може стати довше.

Алгоритми Флойда-Уоршалла і Дейкстри незалежні, вони обробляють вихідну матрицю відстаней і результат виходить ідентичний, з тією лише різницею, що алгоритм Дейкстри дає розгорнуті маршрути, тобто для алгоритму Дейкстри не потрібен результат алгоритму Флойда-Уоршалла. Далі алгоритм Кларка-Райта користується отриманими найкоротшими відстанями і шляхами між одержувачами, шукає функцію вигоди і формує маршрути – спочатку скорочені, потім розгорнуті (цю можливість надає алгоритм Дейкстри).

Отже, запропонований метод оптимізації логістичних показників дрібнопартійних перевезень автомобільним транспортом – попередня оптимізація відстаней методами Флойда-Уоршалла і Дейкстри, слідом за тим рішення задачі алгоритмом Кларка-Райта.

Після того, як ми знайдемо найкоротші відстані між будь-якою парою одержувачів і дізнаємося самі шляхи, залишається задіяти алгоритм Кларка-Райта, який сформує оптимальні маршрути.

# Блок-схема удосконаленого алгоритму Кларка-Райта



## Вибір та обґрунтування вихідних даних

Таблиця 1 - Вектор запиту

№ отримувача	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Запит, кг	400	100	100	400	300	100	400	100	400	300
№ отримувача	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Запит, кг	500	300	400	300	100	200	700	300	200	300

Таблиця 2 - Вихідні дані по навантаженню, перевезенню, розвантаженню лікарських засобів на Mercedes Benz місткістю 2 тони

№	Показник	Значення	Примітка
1	Товар	Лікарські засоби	
2	Час завантаження товару, год	0,5	Хронометраж
3	Час розвантаження пустої тари, год	0,3	Хронометраж
4	Час оформлення документації	$0,02 \cdot n$	$n$ – число отримувачів в маршруті
5	Обмеження продовження маршруту, год	8	Норма часу
6	Час розвантаження товару в отримувача	$0,2 \cdot n$	$n$ – число отримувачів в маршруті
7	Час оформлення документації на вивантажений товар, год	$0,1 \cdot n$	$n$ – число отримувачів в маршруті
8	Вантажопідємність автомобіля, кг	2000	Місткість

## Матриця відстаней

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	-	27	28	45	65	74	85	95	106	135	154	88	47	48	23	30	82	118	133	116	87
1		-	23	52	72	70	92	123	135	163	182	111	75	74	53	56	108	144	159	156	114
2			-	30	49	47	69	112	123	151	171	99	63	78	57	55	112	148	169	152	123
3				-	20	46	40	67	167	105	135	97	36	102	73	64	119	172	167	150	122
4					-	50	31	47	68	85	116	71	33	122	88	80	116	145	143	125	97
5						-	58	97	118	134	165	121	82	125	104	102	158	195	192	175	147
6							-	65	86	103	134	102	64	142	113	104	147	176	174	156	128
7								-	22	35	69	55	51	152	104	95	129	158	129	138	92
8									-	53	50	35	63	135	108	93	114	132	108	104	71
9										-	44	87	91	192	143	135	168	185	160	178	132
10											-	69	110	170	127	143	148	157	108	145	112
11												-	39	101	58	74	75	104	80	76	43
12													-	104	47	56	83	113	107	93	65
13														-	45	31	42	82	130	73	97
14															-	17	57	108	102	88	60
15																-	72	113	117	103	75
16																	-	60	79	40	54
17																		-	49	31	65
18																			-	49	43
19																				-	37
20																					-

## Матриця економії

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	-																				
1	0	-																			
2	0	32	-																		
3	0	20	43	-																	
4	0	20	44	90	-																
5	0	31	55	73	89	-															
6	0	20	44	90	119	101	-														
7	0	-1	11	73	113	72	115	-													
8	0	-2	11	-16	103	62	105	179	-												
9	0	-1	12	75	115	75	117	195	188	-											
10	0	-1	11	64	103	63	105	180	210	245	-										
11	0	4	17	36	82	41	71	128	159	136	173	-									
12	0	-1	12	56	79	39	68	91	90	91	91	96	-								
13	0	1	-2	-9	-9	-3	-9	-9	19	-9	32	35	-9	-							
14	0	-3	-6	-5	0	-7	-5	14	21	15	50	53	23	26	-						
15	0	1	-6	11	15	2	11	30	43	30	41	44	21	47	36	-					
16	0	1	-2	8	31	-2	20	48	74	49	88	95	46	88	48	40	-				
17	0	1	-2	-9	38	-3	27	55	92	68	115	102	52	84	33	35	140	-			
18	0	1	-8	11	55	15	44	99	131	108	179	141	73	51	54	46	136	202	-		
19	0	9	-8	11	56	15	45	73	84	73	125	128	70	91	51	43	158	203	200	-	
20	0	0	-8	10	55	14	44	90	122	90	129	132	69	38	50	42	115	169	177	166	-

## Отриманні маршрути перевезення за допомогою звичайного та удосконаленого алгоритмів Кларка-Райта

Таблиця 1 - Маршрути сформовані на основі алгоритму Кларка-Райта

№	Маршрут	Навантаження, кг	L <sub>к</sub> , км	T <sub>к</sub> , год
1	0-11-8-10-9-0	1300	347	5,62
2	0-16-19-17-18-20-0	1600	330	5,725
3	0-5-3-4-6-7-0	1300	333	5,76
4	0-12-14-15-13-1-2-0	1600	249	4,71
	Разом	5800	1259	21,815

Таблиця 2 - Маршрути сформовані на основі удосконаленого алгоритму Кларка-Райта

№	Маршрут	Навантаження, кг	L <sub>к</sub> , км	T <sub>к</sub> , год
1	0-14-15-12-11-8-10-9-0	2000	391	7,1
2	0-13-16-19-17-18-20-0	2000	329	6,3
3	0-1-2-5-3-4-6-7-0	1800	384	7,04
	Разом	5800	1104	20,44

## Аналіз результатів розрахунку та визначення економічного ефекту.

Таблиця 1 - Порівняння простого і удосконаленого алгоритмів Кларка-Райта

№	Показник	Довжина маршруту, км	Час маршруту, год	Кількість автомобілів
1	Алгоритм Кларка-Райта	1259	21,815	5
2	Удосконалений алгоритм Кларка-Райта	1104	20,44	4
3	Економія	155	1,375	0
4	Економія, %	12,31	6,3	0

Таблиця 2 - Результат скорочення трудовитрат водіїв при застосуванні вдосконаленого алгоритму Кларка-Райта

№	Показник	Алгоритм Кларка-Райта	Удосконалений алгоритм Кларка-Райта
1	Середня ціна 1 км, грн	45	45
2	Час роботи, год	21,815	20,44
3	Економія, %		1,375
4	Трудовитрати, грн	981,675	919,8
5	Збільшення фінансового результату, грн		61,875
6	Дохід, грн	200000	200000
7	Приріст рентабельності продажу, %		0,031



## Аналіз результатів розрахунку та визначення економічного ефекту (продовження).

Таблиця 1 - Результат скорочення транспортних витрат при застосуванні вдосконаленого алгоритму Кларка-Райта

№	Показник	Алгоритм Кларка-Райта	Удосконалений алгоритм Кларка-Райта
1	Середня ціна 1 км, грн	30	30
2	Кілометраж, км	125	1104
3	Економія, %		12,31
4	Транспортні витрати, грн	37770	33120
5	Збільшення фінансового результату, грн		4650
6	Дохід, грн	200000	200000
7	Приріст рентабельності продажу, %		2,325

## Висновки

В ході виконання МКР було вирішено задачу оптимізації методики маршрутизації дрібнопартійних перевезень вантажів на прикладі ПП «Конекс».

1. З урахуванням існуючих поглядів на сутність дрібнопартійних перевезень запропоновано таке означення - «дрібнопартійне перевезення на вантажному автомобільному транспорті - це таке перевезення, при якому вага вантажу для одного вантажоодержувача не перевищує половини вантажопідйомності ТЗ, мінімальне число одержувачів два, маршрут розвізний». На підставі визначення дрібнопартійних перевезень складена класифікація дрібнопартійних перевезень. Виявлено особливості дрібнопартійних перевезень.

2. Виявлено за допомогою коінтеграційних аналізу кількісний зв'язок між витратами вантажного автомобільного транспорту та споживанням палива (дизельне паливо і бензин). Витрати вантажного автомобільного транспорту визначаються, перш за все, пробігом. Отже, нагальна задача оптимізації логістичних показників дрібнопартійних перевезень - мінімізація пробігу.

3. За результатами аналізу математичних методів рішення задачі маршрутизації виявлено, що найбільшою простотою і гнучкістю володіє алгоритм Кларка-Райта. Але він не позбавлений недоліків, так як передбачає роботу з уже розрахованою матрицею найкоротших відстаней і не враховує ряд обмежень (час роботи водія). Крім того, алгоритм Кларка-Райта не передбачає дублювання одержувачів в сформованих маршрутах. Пункти, які вже ввійшли в сформований маршрут, виключаються з подальшого розгляду. У той же час для мінімізації довжини іншого маршруту можливо доведеться минути один з уже розглянутих пунктів. У роботі запропонована методика попереднього розрахунку матриці найкоротших відстаней. При цьому використовується комбінація алгоритмів Флойда-Уоршалла і Дейкстри. В отриманих розгорнутих маршрутах спостерігається повторення одержувачів. Для класичного алгоритму Кларка-Райта це неможливо. Для створеного вдосконаленого - в порядку речей, так як попередньо алгоритм Флойда-Уоршалла формує найкоротші відстані між одержувачами і саме ці найкоротші відстані обробляє алгоритм Кларка-Райта. Застосування алгоритму Дейкстри дозволяє розгорнути ці найкоротші відстані. Як відомо, алгоритм Флойда-Уоршалла і Дейкстри дають ідентичні результати. Відповідно, в розгорнутих маршрутах і з'являються пункти, які можуть зустрітися в різних маршрутах, так як найкоротші шляхи проходять через ці пункти. Ці зміни в маршрутах дозволять скоротити сумарну довжину маршрутів.

4. Для реалізації вдосконаленого алгоритму Кларка-Райта проведено повторні розрахунки. За допомогою розрахунків створено нові маршрути. Вдосконалений алгоритм Кларка-Райта дозволяє оптимізувати логістичні показники дрібнопартійних перевезень. Застосування удосконаленого методу Кларка-Райта призвело до того що протяжність маршрутів скоротилась на 12,31%, а економія часу на маршрут скоротилась на 6,3%.

На основі вдосконаленої методики маршрутизації дрібнопартійних перевезень виконано розробку маршрутів перевезень вантажів ПП «Конекс» та визначено їх логістичні показники

5. Застосування вдосконаленого алгоритму Кларка-Райта в умовах ПП «Конекс» дає скорочення довжини маршрутів 12,31%. Що дозволяє підвищити економічну ефективність (рентабельність продажів) на 2,325%.

6. В розділі з охорони праці були розроблені приміщення для роботи, розроблена пожежна безпека. Відбулися нормування з виробничого шуму, вібрації, пожежної безпеки та іншого.