

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРА EXCEL І VBA-МАКРОСУ

© Клап А.Я., Матвійшин Є.Г., Наглий А.Є., 2005

Запропоновано використовувати програму, написану з використанням VBA на основі алгоритму перебору варіантів маршруту перевезень. Це дає змогу вибрати схему перевезень, якій відповідають найменші транспортні витрати.

It was suggested to apply the program that was written with taking into consideration the use of VBA on the basis of algorithm of choosing the best variants of transportation routes. It's helped to choose the scheme of transportation with low transportation expenses.

Постановка проблеми. Процеси активізації господарства України та глобалізації світової економіки зумовлюють зростання товарообігу та обсягів внутрішніх і зовнішніх автоперевезень. Завоювання нових ринків збуту пов'язане як з якістю продукції, так і з чітким плануванням її поставок до споживачів. Розширення зв'язків між виробниками та споживачами, зміна секторів на ринках збуту продукції, процеси формування та коливання кон'юнктури змушують виробників та торговельні фірми виконати оперативне планування поставок. Якщо перелік споживачів постійний, то перевезення виконуються за відпрацьованими маршрутами, які забезпечують вчасне завезення партій вантажів та оптимальне співвідношення витрат на їх транспортування та зберігання. Якщо відбуваються зміни замовників продукції, пов'язані з освоєнням нових ринків або зі зміною кон'юнктури, то виникає необхідність формування нових маршрутів доставки вантажів. Важливою складовою у собівартості продукції є витрати на її перевезення. Тому скорочення цих витрат дасть змогу підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час автоперевезень ці витрати значною мірою залежать від загальної довжини пробігу автотранспорту за маршрутом, що охоплює визначені пункти доставки вантажів. Задача формування маршруту мінімальної довжини з відвідуванням заданих пунктів має назву "задача про комівояжера" [1–4]. Трудомісткість її розв'язання зростає у геометричній прогресії зі збільшенням кількості пунктів маршруту. С.П. Ігліні зводить її до задачі цілочислового лінійного програмування [3]. Інші автори пропонують використовувати рекурсію та метод перебору з поверненням [4]. На практиці використовують наближені методи її розв'язування. Наприклад, С.Г. Каплан запропонував алгоритм скороченого перебору, що забезпечував відносну швидкість отримання результату [5]. Проте зі збільшенням кількості пунктів у маршруті відхилення розв'язку від оптимального значно зростало. Зокрема, для 5 пунктів оптимальний розв'язок досягався у 93% випадків, а для 25 – лише у 41% випадків [5, с.100].

Формулювання цілей статті. Для невеликої кількості пунктів (до п'ятнадцяти) доцільно здійснити точне розв'язування, спираючись на потужність сучасних комп'ютерів. Тому ми поставили собі за мету розробити алгоритм та комп'ютерну програму для знаходження оптимального маршруту перебором усіх можливих варіантів. У цьому алгоритмі передбачено врахування додаткових вимог, зокрема – прибуття до одного чи кількох вибраних пунктів у зазначений час (наприклад, якщо існує попередня домовленість зі споживачем про точний час доставки вантажу), найпізніший час доставки тощо. Ці вимоги враховано поряд з одним з головних критеріїв оптимальності маршруту – економністю з погляду витрати пального. Цей показник залежить від довжини маршруту, рельєфу та стану доріг. Можна припустити, що витрати пального

пропорційні до часу переїзду між пунктами маршруту. Це припущення дасть змогу врахувати одночасно чинники, пов'язані з віддалями між пунктами, рельєфом та станом доріг. Отримувати інформації про час переїзду між пунктами доцільно експертно (наприклад, опитуванням водіїв та експедиторів, які обслуговують відповідні маршрути). Може виявитися, що час переїзду і витрата пального від одного пункту до іншого відрізняється залежно від напрямку руху. Це може бути пов'язано з двома чинниками: розміщенням одного з пунктів набагато вище за рельєфом від іншого або з організацією руху на шляхах. Тому ми можемо мати справу з так званою несиметричною задачею.

Методи розв'язання “задачі про комівояжера” [1–5] не дають змогу врахувати додаткових вимог, які можуть ставитися у практичних ситуаціях планування перевезень, зокрема: прибуття до певних пунктів у зазначений час, тривалість перебування у кожному пункті. Запропонований нами алгоритм та відповідний макрос для Excel позбавлені цих недоліків.

Виклад основного матеріалу. Для формулювання задачі про оптимізацію маршруту потрібно мати такі дані:

- кількість пунктів;
- витрати часу на переїзд від одного пункту до іншого;
- початковий та кінцевий пункти;
- тривалість перебування в кожному пункті;
- моменти часу, не раніше від яких та не пізніше від яких вантаж повинен прибути у визначений пункт.

Розроблена комп'ютерна програма (макрос, написаний з використанням VBA [6]) використовує алгоритм повного перебору варіантів та відбирає такі з них, які забезпечують виконання описаних умов. Початкові умови заносяться у таблиці Excel, там само відображається й розв'язання, причому не лише оптимальне, але й близькі до нього. Це дає змогу особі, що приймає рішення, мати декілька альтернатив. Використання програми є доцільним для ситуацій, коли відомий перелік пунктів, які повинен відвідати конкретний автомобіль. Випробування програми показали, що час розв'язання задачі для маршруту, що охоплює до 10 пунктів, становить декілька секунд, а далі він збільшується до 15–20 хв для маршруту, що охоплює 14–15 пунктів.

Початкові дані для розрахунку охоплюють два типи інформації – постійну та оперативну. До першого типу належать дані про час проїзду між пунктами. Нагадаємо, що він може бути неоднаковим для прямого і зворотного напрямів. Зручно розмістити цю інформацію у таблиці, форма якої разом з прикладом її заповнення наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Час проїзду між пунктами

Від пункту До пункту	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 3	Пункт 4	Пункт 5	Пункт 6	Пункт 7	Пункт 8	Пункт 9	Пункт 10	Пункт 11
Пункт 1	0	80	100	90	180	70	60	30	160	120	30
Пункт 2	80	0	20	60	100	130	220	130	140	180	120
Пункт 3	100	20	0	40	80	110	200	160	120	150	140
Пункт 4	90	60	40	0	40	100	160	170	100	110	110
Пункт 5	180	100	80	40	0	30	120	130	80	60	200
Пункт 6	70	130	110	100	30	0	60	70	90	120	100
Пункт 7	60	220	200	160	120	60	0	40	70	50	90
Пункт 8	30	130	160	170	130	70	40	0	140	90	60
Пункт 9	160	140	120	100	80	90	70	140	0	30	190
Пункт 10	120	180	150	110	60	120	50	90	30	0	150
Пункт 11	30	120	140	110	200	100	90	60	190	150	0

Ця інформація названа постійною умовою. Її можна доповнювати (у разі розширення географії обслуговування клієнтів) та редагувати (у разі уточнення даних або зміни у режимах проїзду, які можуть бути пов'язані, наприклад, із ремонтними роботами на певних ділянках доріг). До оперативної інформації належать такі дані, які необхідні для розв'язання конкретної задачі з оптимізації маршрутів, а саме:

1) перелік пунктів, які необхідно відвідати (для завантаження чи розвантаження автомобіля) із зазначенням початкового та кінцевого пунктів;

2) час перебування автомобіля у пунктах призначення (необхідний, наприклад, для завантажувально-розвантажувальних робіт, оформлення документів, відпочинку водія тощо);

3) проміжків часу, коли можливе прибуття автомобіля в заданий пункт.

Оперативну інформацію зручно вказувати, заповнюючи таблицю, форма якої наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Оперативна інформація для визначення оптимального маршруту

Пункт	Відвідати	Початковий	Кінцевий	Прибуття		Час перебування
				не раніше ніж	не пізніше ніж	
Пункт 1	1	1				0
Пункт 2	1					60
Пункт 3						40
Пункт 4	1					40
Пункт 5						50
Пункт 6	1		1			100
Пункт 7						20
Пункт 8	1					40
Пункт 9						40
Пункт 10	1					40
Пункт 11						60

Таблиця 3

Оптимальний маршрут

Пункт	Час переїзду з попереднього пункту	Час перебування	Тривалість наростаючим підсумком
Пункт 1	0	0	0
Пункт 2	80	60	140
Пункт 4	60	40	240
Пункт 10	110	40	390
Пункт 8	90	40	520
Пункт 6	70	100	690
Критерій оптимальності	410		

У першій графі таблиці наведено перелік усіх пунктів, внесених у постійну інформацію. Для зазначення тих з них, які необхідно відвідати, навпроти них у другій графі ставлять "1". Навпроти початкового пункту ставлять "1" у третій графі, а навпроти кінцевого – у четвертій. Для зазначення можливих термінів прибуття у пункти у п'ятій та шостій графах таблиці вказують числа, які відповідають моментам часу, прийнявши за нульовий відлік момент виїзду з початкового пункту.

Необхідно уважно вводити цю інформацію, дотримуючись раціональності. Зокрема, може бути лише один початковий пункт і один кінцевий (але вони можуть збігатися, якщо автомобіль повинен повернутись у початковий пункт); число, яке позначає момент прибуття у пункт “не раніше ніж” не повинно бути більшим за число, що позначає прибуття у пункт “не пізніше ніж”. Комп’ютерна програма перевіряє дотримання раціональності введення даних, що дає змогу уникнути некоректностей у початковій інформації.

Результат визначення оптимального маршруту відображається як перелік пунктів у послідовності їх проходження із зазначенням тривалості переїздів між пунктами та перебування в них (табл. 3).

Для раціонального рішення щодо вибору маршруту можна отримати й інші, близькі для оптимального варіанта маршрутів. Розроблена комп’ютерна програма дає змогу бачити усі варіанти маршрутів у послідовності “покращання” критерію оптимальності – суми тривалості переїздів між пунктами.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, оптимізація здійснюється за критерієм мінімуму сумарного часу переїздів між пунктами. Зазначення ще й термінів перебування у пунктах та загального часу, витраченого на маршрут, збільшує практичну орієнтованість розробленої комп’ютерної програми. Адже автотранспортникам важливо знати не просто сумарну тривалість проїзду, а реальну витрату часу з урахуванням стоянок у пунктах. Результат розрахунку подається у вигляді, наведеному в табл. 3.

Подальші дослідження передбачатимуть урахування впливу завантаженості автомашини на витрату пального. Тоді з інформації про кількість вантажу, що залишається в автомобілі після відвідання кожного пункту, програма автоматично вноситиме поправки на час переїзду між пунктами. Це підвищить наближеність комп’ютерного моделювання до реальних умов перевезень вантажів.

Використання розробленої комп’ютерної програми є найдоцільнішим для автотранспортних підприємств та підрозділів, які забезпечують доставку продукції у кілька пунктів. Гнучкість описання початкових умов (переліку пунктів, тривалостей перебування у них транспортного засобу, часові межі прибуття у визначені пункти) і використання для її реалізації поширеного табличного процесора Excel робить цю програму привабливою та зручною для практичного використання.

1. Кофман А., Фор Р. *Займемся исследованием операций*. – М., 1966. 2. *Визуализатор: Решение задачи коммивояжера с помощью задачи о назначениях* // <http://rain.ifmo.ru/~mmichael/Salesman/des.html>. 3. Иглин С.П. *Несимметричная задача коммивояжера* // <http://iglin.exponenta.ru/All/GrTh/TravSale.html>. 4. *Задача коммивояжера* // <http://www.mgopu.ru/PVU/2.1/Recurs/BacketTm/CnReturn/travel.htm>. 5. Каплан С.Г. *Оптимизационные методы и модели оперативного планирования / Диссертация на соискание научной степени кандидата экономических наук*. – М., 1982. 6. Гарнаев А.Ю. *Самоучитель VBA*. – СПб., 2001.