

Матвіїшин Євген Григорович

*доктор економічних наук, доцент, завідувач кафедри економіки
Львівського регіонального інституту державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України*
ORCID: 0000-0001-9522-4645
e-mail: emat@ua.fm

Федець Андрій Володимирович

*аспірант Львівського регіонального інституту державного управління
Національної академії державного управління
при Президентові України*
ORCID: 0000-0003-1769-6967
e-mail: avflviv@gmail.com

**УДОСКОНАЛЕННЯ СКЛАДАННЯ МАРШРУТІВ РУХУ
ІНКАСАТОРСЬКИХ АВТОМОБІЛІВ У ПІДРОЗДІЛАХ
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ
СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Обґрунтовано необхідність удосконалення складання маршрутів руху інкасаторських автомобілів у підрозділах Національного банку України. Запропоновано використовувати алгоритм інформаційно-аналітичного аналізу можливих варіантів маршрутів перевезення цінностей, що дає змогу вибрати такі маршрути, яким відповідають найменші транспортні витрати, а ризики втрат цінностей не зростають.

Ключові слова: алгоритм вибору маршруту; банківське обслуговування; інкасаторські послуги; комп'ютерне моделювання.

Постановка проблеми. Національний банк України (далі – Національний банк) наділений ключовими для банківської системи України функціями державного управління, зокрема: організацією готівкового грошового обігу та встановленням правил випуску в обіг, обробки, зберігання, інкасації, перевезення, вилучення з обігу та знищення готівки [1]. Виконання цих функцій вимагає належного інкасаторського обслуговування банківських установ та юридичних осіб. Витрати на інкасацію безпосередньо пов'язані з тривалістю перебування інкасаторських автомобілів на маршрутах. Пунктами, які можуть належати до складу маршрутів перевезення цінностей інкасаторських автомобілів Національного банку, можуть бути його власні територіальні відділення, банківські установи України та, за потреби в особливий період, інші органи державної влади. Тому важливою проблемою, яка вимагає додаткової уваги, є удосконалення складання конкретного маршруту відповідно до потреби відвідування визначених пунктів. Про актуальність вирішення проблеми свідчить той факт, що Національний банк для забезпечення зростаючих потреб у готівкових коштах банківської системи та економіки загалом дозволив

аутсорсинг інкасаторських послуг та почав видавати перші ліцензії на здійснення інкасаторської діяльності небанківським юридичним особам [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вітчизняними та зарубіжними науковцями приділялася увага вирішенню логістичних задач, пов'язаних із оптимізацією маршрутів інкасаторів. Зокрема, В. Черномор пропонував оптимізувати графік інкасацій шляхом їх одночасного проведення з метою зменшення кількості виїздів інкасаторів до банкоматів [3]. Проте такий підхід далеко не завжди може бути реалізований, особливо у системі Національного банку України, оскільки: по-перше, цей банк орієнтований не на обслуговування банкоматів, а установ; по-друге, може існувати вимога відвідування конкретного пункту в певних часових межах упродовж доби, наприклад у робочий час тільки після обіду. Дослідники Д. Мельник і В. Клімов приділяли увагу розробці системи прогнозування інкасацій [4]. Прогнозування становить етап, який передує складанню графіка інкасацій. Його результати повинні бути враховані у складанні переліку пунктів, які інкасатори повинні відвідати у конкретний день, що є початковою інформацією для оптимізації руху інкасаторських автомобілів. Проблема формування маршруту через задані пункти, який би мав мінімальну довжину, має назву “задача про комівояжера”. Трудомісткість її розв'язку значно зростає зі збільшенням кількості заданих пунктів. С. Іглінь зводить її до задачі цілочисельного лінійного програмування [5]. Деякі автори пропонують використовувати рекурсію та метод перебору з поверненням [6]. Проте використання таких підходів вимагає спеціалізованих знань і затрат часу на формалізацію початкових даних та обмежень. Для вирішення подібних проблем у комерційній сфері використовується спеціалізоване програмне забезпечення, таке як Oracle Transportation Management [7]. Щоправда, воно не дає змоги врахувати таких певних особливостей роботи інкасаторів у системі Національного банку України, як: вимога прибути у певні пункти в заданих часових проміжках, урахування дорожньої ситуації (схеми дорожнього руху), яка може зумовити відмінність тривалості руху між двома пунктами в прямому і зворотному напрямках.

Для забезпечення захисту життя і здоров'я працівників підрозділів перевезення цінностей складання маршрутів із перевезення цінностей здійснюється також із максимальним урахуванням безпеки роботи інкасаторів на маршруті, а саме:

- 1) протяжності маршруту і безпеки обраного напрямку перевезення;
- 2) часу роботи інкасаторів на маршруті;
- 3) наявності вільних та освітлених під'їзних шляхів у клієнтів;
- 4) часу заїзду для здійснення перевезення цінностей;
- 5) обсягів готівки, що перевозиться [8].

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Сучасні комп'ютери настільки потужні, що дають змогу моделювати

різноманітні варіанти маршруту руху і вибирати кращі з них за витратою часу в дорозі. Метою цього дослідження є розробка алгоритму аналізу усіх можливих варіантів маршрутів руху інкасаторського автомобіля відповідно до конкретних умов.

Виклад основного матеріалу. Нами приділена увага не лише розробці алгоритму, але й реалізації його на комп'ютері для знаходження оптимального маршруту перевезення цінностей методом аналізу усіх можливих варіантів. У цьому алгоритмі передбачено врахування вимог, зумовлених особливостями інкасаторської діяльності Національного банку України, зокрема прибуття до одного чи кількох вибраних пунктів у зазначений час (наприклад, якщо існує вимога доставити чи забрати готівку у точний час або врахувати умову прибуття інкасаторського автомобіля у час, максимально наближений до початку або кінця робочого дня). Визначальним критерієм вибору раціональних маршрутів є економність з огляду на затрати часу на переїзди, який залежить від довжини маршруту, рельєфу, стану доріг та умов дорожнього руху (міський цикл, заміський цикл).

Для конкретного підрозділу Національного банку формується відносно стабільний перелік установ, для яких надаються інкасаторські послуги. Це дає змогу отримати важливу інформацію, яка буде взята до уваги для формування даних про час переїздів між пунктами маршруту – від установ до підрозділу банку та між установами. До умов, які доцільно врахувати під час формування оптимального маршруту для інкасаторського автомобіля, належить також тривалість перебування у кожному пункті у зв'язку з оформленням документів і процедурою отримання та передачі готівки. З боку економності важливо, щоб загальний час, витрачений на переїзди між ними, для конкретного виїзду інкасаторського автомобіля був найкоротший. Хоча тривалість переїздів залежить від відстані, але в розрахунках потрібно ґрунтуватися не на географічних відстанях між пунктами, а на середніх значеннях затрат часу між ними, отриманих на основі попереднього досвіду. При цьому вони можуть бути різними у різні пори року і різні години впродовж дня, а також можуть змінюватися через зміни схем руху на дорогах, зумовлені ремонтними роботами, встановленням нових дорожніх знаків і світлофорів. Отримання інформації про затрати часу на переїзди між пунктами доцільно проводити експертним шляхом (наприклад, опитуванням водіїв або проведенням хронометражу). Може виявитися, що час переїзду (і витрата пального) від одного пункту до іншого відрізняється у прямому і зворотному напрямках, що може бути зумовлено схемою дорожнього руху або розташуванням одного з пунктів набагато вище за рельєфом від іншого. Тому ми можемо мати справу з так званою несиметричною задачею.

Початковими даними для реалізації алгоритму аналізу усіх можливих варіантів маршрутів руху інкасаторського автомобіля для раціоналізації його маршруту є:

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

Розроблений для електронних таблиць Excel макрос, написаний із використанням VBA, використовує алгоритм аналізу варіантів та відбирає такі з них, які забезпечують виконання описаних умов [9]. У таблицю Excel вносяться початкові умови, там же наводяться раціональні варіанти маршрутів, які отримані завдяки алгоритму і відповідають цим умовам. Це дає змогу мати декілька альтернатив, які не відрізняються або мало відрізняються за затратами часу на переїзди.

Використання розробленого алгоритму доцільне для ситуацій, коли відомо перелік пунктів, які повинен відвідати конкретний інкасаторський автомобіль. Комп'ютерне моделювання засвідчило, що час вирішення задачі для маршруту, що охоплює до 10 пунктів, становить декілька секунд. Вважаємо, що це задовільна швидкість, оскільки у практиці інкасаторської діяльності підрозділів Національного банку для одного автомобіля планується не більше 10 пунктів, у яких він повинен побувати протягом однієї поїздки.

Початкові дані для роботи алгоритму аналізу варіантів маршрутів інкасаторського автомобіля включають постійну (дані про час переїздів між пунктами) і змінну інформацію. Інформація про час проїзду між пунктами розміщується у таблиці Excel, форма якої разом із прикладом її заповнення наведена у табл. 1. У наведеному прикладі наявна несиметричність: час переїзду від пункту 4 до пункту 10 (55 хв.) більший, ніж у зворотному напрямку (45 хв.).

Таблиця 1

Час переїзду інкасаторського автомобіля між пунктами (хвилини)

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	40	50	45	90	35	30	15	80	60	15
Пункт 2	40	0	10	30	50	65	110	65	70	90	60
Пункт 3	50	10	0	20	40	55	100	80	60	75	70
Пункт 4	45	30	20	0	20	50	80	85	50	55	55
Пункт 5	90	50	40	20	0	15	60	65	40	30	100
Пункт 6	35	65	55	50	15	0	30	35	45	60	50
Пункт 7	30	110	100	80	60	30	0	20	35	25	45
Пункт 8	15	65	80	85	65	35	20	0	70	45	30
Пункт 9	80	70	60	50	40	45	35	70	0	15	95
Пункт 10	60	90	75	45	30	60	25	45	15	0	75
Пункт 11	15	60	70	55	100	50	45	30	95	75	0

Ця інформація є умовно постійною, її можна доповнювати, якщо з'являються нові установи, для яких виконується інкасаторське обслуговування. Ця інформація може редагуватися, якщо відбуваються зміни, які можуть бути пов'язані, наприклад, із ремонтними роботами на певних ділянках доріг.

Змінна інформація включає дані, які необхідні для вирішення задачі з вибору раціонального маршруту для конкретного інкасаторського автомобіля, зокрема такі:

- 1) перелік установ, які необхідно відвідати;
- 2) початковий і кінцевий пункти;
- 3) година виїзду з початкового пункту;
- 4) запланований час перебування автомобіля у пунктах призначення;
- 5) проміжки часу, коли можливе прибуття автомобіля у заданий пункт.

Останні три пункти інформації не є обов'язковими – вони не впливають на вибір оптимального маршруту. Але ця інформація дає змогу сформувати орієнтовний графік, де відображається прогнозний час прибуття і виїзду інкасаторського автомобіля з кожного пункту.

Змінну інформацію вносять у таблицю, форма якої наведена в табл. 2. У прикладі, що розглядається, постійна інформація у попередній таблиці задана для одинадцяти пунктів, тому вони й тут усі перераховані, хоча для деяких із них змінна інформація не внесена, бо не заплановане їх відвідування зазначеним інкасаторським автомобілем. За умовою, має бути відвідано 6 пунктів (1, 2; 4; 6; 8; 10), до того ж рух повинен розпочатися з пункту 1, а завершитися у пункті 6.

Таблиця 2

Оперативна інформація для визначення оптимального маршруту

Пункт	Відвідати	Початковий	Кінцевий	Прибуття (хв.)		Час перебування, хв.
				не раніше	не пізніше	
Пункт 1	1	1				0
Пункт 2	1					20
Пункт 3						
Пункт 4	1					20
Пункт 5						
Пункт 6	1		1			20
Пункт 7						
Пункт 8	1					30
Пункт 9						
Пункт 10	1					30
Пункт 11						

У першій графі табл. 2 наведено перелік усіх пунктів, як і в таблиці даних про час переїздів між ними. Для зазначення тих пунктів, які необхідно відвідати, навпроти них у другій графі вносяться цифри “1”. У третій графі навпроти початкового пункту ставлять “1”, у четвертій – навпроти кінцевого. Для внесення даних про можливі терміни прибуття в пункти в п’ятій та шостій графах таблиці вказують час у хвиликах від початку руху. Сьома графа містить запланований час перебування автомобіля у кожному пункті. Необхідно уважно вводити змінну інформацію, дотримуючись логічних засад, зокрема:

– може бути лише один початковий та один кінцевий пункти (вони можуть збігатися, якщо інкасаторський автомобіль повинен повернутися до початкового пункту);

– число, яке позначає момент прибуття до пункту “не раніше”, не повинно бути більше за число, що позначає момент прибуття до пункту “не пізніше”.

Комп’ютерна програма перевіряє коректність введення даних, що дає змогу уникнути дефектної інформації. Результат роботи комп’ютерної програми для визначення оптимального маршруту відображається як перелік пунктів у порядку їх відвідування із зазначенням тривалості переїздів між ними та перебування там (табл. 3). У двох останніх графах відображаються моменти часу: виїзду з початкового пункту, прибуття у проміжні пункти і виїзду з них, завершення поїздки.

Таблиця 3

Рациональний маршрут

Пункт	Час переїзду з попереднього пункту, хв.	Час перебування, хв.	Тривалість наростаючим підсумком, хв.	Графік маршруту, год. : хв.	
				прибуття	вибуття
Пункт 1	0	0	0	-	10:00
Пункт 8	15	30	45	10:15	10:45
Пункт 10	45	30	120	11:30	12:00
Пункт 4	45	20	185	12:45	13:05
Пункт 2	30	20	235	13:35	13:55
Пункт 6	65	20	320	15:00	15:20

Розроблений алгоритм, реалізований у комп’ютерній програмі, дає змогу отримати рекомендований графік руху інкасаторського автомобіля із зазначенням часу прибуття до запланованих пунктів (підрозділів Національного банку та установ, що обслуговуються у конкретній поїздки).

Висновки і перспективи подальших розвідок. Вибір оптимального маршруту для інкасаторського автомобіля проводиться за критерієм мінімуму сумарного часу переїздів між пунктами. Зазначення в початкових умовах термінів перебування автомобіля у пунктах та розрахунок загального часу, витраченого на маршрут, збільшує практичну орієнтованість розробленої

комп'ютерної програми. Адже важливо знати не просто сумарну тривалість проїзду, а реальну витрату часу з урахуванням стоянок у пунктах. Гнучкість опису початкових умов (перелік пунктів, орієнтовна тривалість перебування там автомобіля, часові межі прибуття у визначені пункти) і використання для реалізації алгоритму поширеного табличного процесора Excel робить цю розробку привабливою та зручною для практичного використання. Запропонований алгоритм і його комп'ютерна реалізація можуть бути використані також для удосконалення роботи підрозділів перевезення цінностей та інкасації коштів у комерційних банках та структурах, що надають такі послуги на умовах аутсорсингу.

Подальші дослідження передбачатимуть врахування впливу на час переїздів між пунктами таких чинників, як час доби, погодні умови, дорожня ситуація, що може бути враховано у початковій інформації. Це підвищить наближеність комп'ютерного моделювання до реальних умов руху інкасаторських автомобілів.

Список використаної літератури

1. Про Національний банк України : Закон України № 679-XIV від 20.05.1999 р. (зі змінами та доповненнями). URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/main/679-14> (дата звернення: 25.08.2018).
2. Положення про порядок видачі юридичним особам ліцензії на надання банкам послуг з інкасації : затверджене Постановою Правління Національного банку України № 926 від 24.12.2015 р. URL : <https://bank.gov.ua/doccatalog/document?id=25554842> (дата звернення: 25.08.2018).
3. Черномор В. О. Оптимізація банкоматної мережі як чинника підвищення ефективності діяльності банку у сфері платіжних систем // БІЗНЕСІНФОРМ. 2015. № 11. С. 333—338.
4. Мельник Д. А., Климов В. В. Разработка системы прогнозирования инкассаций и управления наличностью. URL : http://mn.mephi.ru/2011/content/articles/5/05.12.2011_1332/dmitriy_melnic.docx (дата обращения: 20.06.2018).
5. Иглин С. П. Несимметричная задача коммивояжера. URL : <http://iglin.exponenta.ru/All/GrTh/TravSale.html> (дата обращения: 15.06.2018).
6. Задача коммивояжера. URL : <http://www.mgopu.ru/PVU/2.1/Recurs/BracketTm/CnReturn/travel.htm> (дата обращения: 15.06.2018).
7. Oracle Transportation Management. URL : <http://www.oracle.com/us/industries/public-sector/021097.pdf> (date of using: 10.07.2018).
8. Інструкція з організації перевезення валютних цінностей та інкасації коштів у банківських установах в Україні : затверджена Постановою Правління Національного банку України № 29 від 31.03.2017 р. (зі змінами). URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0029500-17> (дата завершення: 12.09.2018).
9. Excel VBA reference. URL : <https://msdn.microsoft.com/en-us/VBA/VBA-Excel> (date of using: 12.09.2018).

Статтю подано: 06.08.2018

Статтю схвалено: 10.09.2018

Matviishyn Yevhen Hryhorovych

*Associate Professor, Doctor of Economic Sciences,
Head of the Department of Economics of Lviv Regional Institute
for Public Administration of the National Academy
for Public Administration under the President of Ukraine*

ORCID: 0000-0001-9522-4645

e-mail: emat@ua.fm

Fedets Andrii Volodymyrovych

*Postgraduate student of Lviv Regional Institute
for Public Administration of the National Academy
for Public Administration under the President of Ukraine*

ORCID: 0000-0003-1769-6967

e-mail: avflviv@gmail.com

**IMPROVEMENT IN THE PLANNING COLLECTOR CARS ROUTES
FOR THE DIVISIONS OF NATIONAL BANK OF UKRAINE APPLYING
MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES**

Problem setting. The collection cost is directly related to the duration of collector cars stay on routes. The objects that may be a part of the routes for transporting valuables by the collection vehicles of the National Bank of Ukraine may include its territorial departments, banking institutions of Ukraine and state authorities. An important problem requiring additional attention is the improvement for preparation of a particular route in accordance with the need to visit particular objects.

Recent research and publications analysis. The problem of planning a route through specified points, which would have a minimum length, is called “Travelling Salesman Problem”. Complexity of its solution increases significantly with the number of given objects. Some publications suggested optimizing the schedule for collections by their simultaneous conducting in order to reduce the number of collectors’ departures to ATMs. However, such an approach cannot always be implemented, especially in the system of the National Bank of Ukraine, because, firstly, this bank is not focused on servicing ATMs, but institutions, and secondly, there may be a requirement to visit a specific object within certain time limits during the day, for example, during working hours only in the afternoon. Some authors suggested applying integer linear programming and recursion. However, such approaches require specialized knowledge and time-consuming processes to formalize initial data and limitations.

Highlighting previously unsettled parts of the general problem. It is necessary to take into account certain features of the collectors’ work in the system of the National Bank of Ukraine: the requirement to arrive at certain points in the given time intervals, taking into account the road traffic, which may result in the difference in duration for movement between the two points in forward and reverse directions, time of arrival. Purpose of the study is to develop the analysis algorithm for all possible options for the collector’s vehicle route in accordance with the specific conditions and choosing the options allowing visiting the object with the least time consumption.

Paper main body. Attention was drawn not only to the algorithm development, but also to its implementation on a computer to find the optimal route for transportation of

valuable by analyzing all possible options. From the economic point of view, it is important that the total time spent on moving between them was the shortest for the specific collector's car departure. Although the duration of movements depends on the distance, the calculations require to rely not on the geographical distance between the points, but on average values of time spent between them, derived from previous experience.

Implementation of the analysis algorithm for all possible options of the collector's car route to streamline its route requires the following initial data: the number of points; start and end points; time spent on moving from one point to another; moments of time not earlier and no later than which a car should arrive at a certain point; duration of stay at each point. The macro developed for Excel spreadsheets uses an analysis algorithm for options and selects the ones meeting the described conditions. The result obtained from the computer program determining the optimal route is displayed as a sequence of the visited objects, indicating the duration of relocation between them and their stay at each object.

Conclusions of the research and prospects for further studies. Flexibility in the description for the initial conditions (list of objects, approximate duration of stay, time limits for arrival in the particular points) and the use of Excel spreadsheet processor for the algorithm implementation makes this development attractive and convenient for its further practical application. The proposed algorithm and its computer implementation can be applied for the improvement in work of departments of values transportation and funds collection in commercial banks and structures providing such services under outsourcing. Further researches will be aimed at consideration of such factors as time of day, weather conditions, and road situation influencing the time of moving between points. This will increase the degree of approximation for the computer simulation to the real conditions of the collector cars movement.

Keywords: route selection algorithm; bank service; collector services; computer simulation.

References

1. Pro Natsionalnyi bank Ukrainy. № 679-XIV. (1999) [in Ukrainian].
2. Polozhennia pro poriadok vydachi yurydychnym osobam litsenzii na nadannia bankam posluh z inkasatsii. № 926. (2015). URL : <https://bank.gov.ua/doccatalog/document?id=25554842> [in Ukrainian].
3. Chernomor, V. O. (2015). Optyimizatsiia bankomatnoi merezhi yak chynnyka pidvyshchennia efektyvnosti diialnosti banku u sferi platizhnykh system. *Biznesinform*, Issue 11, pp. 333-338 [in Ukrainian].
4. Melnik, D. A. (2011). *Razrabotka sistemy prognozirovaniya inkassacij i upravleniya nalichnost'ju*. URL : http://mn.mephi.ru/2011/content/articles/5/05.12.2011_1332/dmitriy_melnik.docx [in Russian].
5. Igin S. P. (2018). *Nesimmetrichnaja zadacha kommivojazhjora*. URL : <http://www.mgopu.ru/PVU/2.1/Recurs/BracketM/CnReturn/travel.htm> [in Russian].
6. *Zadacha kommivojazhjora*. (2018). URL : <http://www.mgopu.ru/PVU/2.1/Recurs/BracketM/CnReturn/travel.htm> [in Russian].
7. Oracle Transportation Management. (2018). URL : <http://www.oracle.com/us/industries/public-sector/021097.pdf>.

8. Instruktsiia z orhanizatsii perevezennia valiutnykh tsinnosti ta inkasatsii koshtiv u bankivskykh ustanovakh v Ukraini. № 29. (2017). URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0029500-17> [in Ukrainian].

9. Excel VBA reference. (2018). URL : <https://msdn.microsoft.com/en-us/VBA/VBA-Excel>.

Paper submitted: 06.08.2018

Paper accepted: 10.09.2018

Цитування: Матвіїшин Є. Г., Федець А. В. Удосконалення складання маршрутів руху інкасаторських автомобілів у підрозділах Національного банку України за допомогою сучасних комп'ютерних технологій // Ефективність державного управління : зб. наук. пр. Вип. 3 (56) : у 2 ч. Ч. 2 / за заг. ред. чл.-кор. НАН України В. С. Загорського, доц. А. В. Ліпенцева. Львів : ЛРІДУ НАДУ, 2018. С. 221—230.

Citation: Matviishyn, Ye. H., Fedets, A. V. (2018). Udoskonalennia skladannia marshrutiv rukhu inkasatorskykh avtomobiliv u pidrozdilakh Natsionalnoho banku Ukrainy za dopomohoiu suchasnykh kompiuternykh tekhnolohii. *Efficiency of Public Administration*, Issue 3(56), pp. 221-230.