

УДК 656.788

МОДЕЛЬ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

**Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., В.С. Наумов, доцент, к.т.н., ХНАДУ,
А.В. Иванченко, аспірант, Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна**

Анотація. Описано модель логістичної системи доставки вантажів у міжнародному сполученні. Запропоновано структурований критерій ефективності логістичної системи.

Ключові слова: логістична система, матеріальний потік, ефективність.

МОДЕЛЬ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

**Е.В. Нагорный, профессор, д.т.н., В.С. Наумов, доцент, к.т.н., ХНАДУ,
А.В. Иванченко, аспирант, Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени ак. В. Лазаряна**

Аннотация. Описана модель логистической системы доставки грузов в международном сообщении. Предложен структурированный критерий эффективности логистической системы.

Ключевые слова: логистическая система, материальный поток, эффективность.

THE MODEL OF LOGISTICS SYSTEM OF CARGO DELIVERY IN INTERNATIONAL TRAFFIC

**Ye. Nagornji, Professor, Doctor of Technickal Science, V. Naumov, Associate Professor,
Candidate of Technical Science, KhNAHU, A. Ivanchenko, postgraduate,
National University of Railway Transport named after Academician V. Lararyan,
Dnipropetrovsk**

Abstract. The model of the logistics system of cargo delivery in international traffic has been described. The structured efficiency criterion of the logistics system has been proposed.

Key words: logistic system, material flow, effectiveness.

Вступ

Питання підвищення ефективності логістичних систем (ЛС) доставки вантажів в міжнародному сполученні є досить широко обговорюваним в сучасній літературі з логістики [1–4]. При цьому запропоновано як базові концепції, так і окремі моделі систем доставки. Актуальність цього питання пояснюється необхідністю адаптації вже розвинутих теоретичних принципів теорії логістики до конкретних ситуацій. Наступним кроком цього процесу в сучасній науці можна передбачити узагальнення створених моделей.

В цій статті авторами запропоновано модель ЛС доставки вантажів, основною відмінністю якої є наявність митного переходу та використання при перевезенні переважно автомобільного та залізничного транспорту.

Аналіз публікацій

В [5] указується, що при аналізі підходів до підвищення ефективності, а також при визначенні сутності й типу категорії ефективності, спостерігається відносно велика розмаїтість інтерпретацій самої проблеми ефективності, розглянутої з різних точок зору. У сучасній літературі предметом дискусій

на тему ефективності є концепція Logistics Performance Measurement, як основа системного аналізу й оцінки результатів, що досягаються у рамках організаційної структури логістики й логістичних процесів, орієнтованих на створення вартості.

В найбільш загальному виді модель функціонування ЛС прийнято представляти у вигляді кібернетичної моделі (рис. 1).

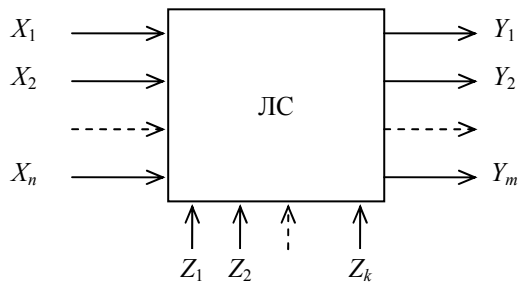


Рис. 1. Кібернетична модель ЛС

У кібернетичній моделі зазвичай виділяються показники, що описують вхідні фактори (регульовані параметри) X_1, X_2, \dots, X_n , група вихідних показників (функції мети) Y_1, Y_2, \dots, Y_m , а також група показників, що описують випадкові впливи зовнішнього середовища на систему Z_1, Z_2, \dots, Z_k .

В [6] при розробці моделі ринку транспортно-експедиційних послуг як макрологістичної системи як вхідні параметри виділені чотири групи показників: X_1 – показники, що характеризують фінансові ресурси, X_2 – група показників, що характеризують трудові ресурси, X_3 – показники, що відображають адміністративно-правовий вплив зовнішнього середовища на систему, X_4 – показники, що характеризують матеріальні ресурси (вхідний матеріалопотік). При цьому функції мети виділені для основних груп учасників ринку: для вантажовласників цільовими функціями є сукупність показників Y_1 , що відображають рівень задоволення потреб у транспортно-експедиційних послугах; для експедиторів і перевізників – сукупності показників Y_2 й Y_3 , що відображають результат їхньої роботи на ринку; окремим комплексом показників Y_4 характеризуються результати просування матеріального потоку.

Факторами, що визначають випадковий вплив зовнішнього середовища на ЛС, можуть бути природні й соціальні катаклізми,

стабільність світової фінансової системи, політичний клімат регіону.

Мета і постановка задачі

Метою дослідження є розробка моделі ЛС доставки вантажів між сусідніми державами. Об'єктом дослідження є процес функціонування системи доставки вантажів в міжнародному сполученні, а предметом – зв'язки між елементами ЛС. Для досягнення мети аналізується елементарний склад ЛС, формалізуються потоки між елементами системи та уточнюється вид критерію ефективності.

Елементарний склад ЛС доставки вантажів в міжнародному сполученні

При розгляді ЛС доставки вантажів в міжнародному сполученні очевидним є виділення двох підсистем – логістичної підсистеми, що представляє сукупність транспортних, торговельних і посередницьких організацій однієї держави, а також відповідної логістичної підсистеми підприємств держави іншої. Виділимо наступні такі елементи ЛС:

- 1) вантажовласники: можуть бути виділені дві підгрупи – відправники вантажу й вантажоодержувачі, однак вантажовласники зазвичай є й відправниками (готової продукції), і одержувачами (сировини);
- 2) перевізники: можуть бути виділені дві підгрупи – регіональні й міжнародні перевізники, однак у більшості випадків перевізники виконують замовлення на перевезення вантажів як усередині країни, так й у міжнародному сполученні; перевізники, як правило, не виконують функцій із організації транспортного процесу, а займаються безпосередньо транспортуванням;
- 3) вантажні термінали (3PL логістичні оператори): надають власну інфраструктуру для реалізації процесу просування матеріалопотоку, виконують функції з консолідації, підгрупування по напрямках і розукрупнення окремих партій вантажу;
- 4) експедитори (4PL логістичні оператори): є організаторами процесу просування матеріалопотоку, формують логістичні ланцюги, оптимізуючи процес доставки;
- 5) митні пункти: є типом елементів, характерних для ЛС доставки вантажів у міжнародному сполученні, є з'єднуючою ланкою між підсистемами ЛС, що представляють сусідні держави.

Кожна із груп елементів утворює відповідну множину, причому вантажовласники, перевізники, експедитори та термінали утворюють підмножини у відповідних підсистемах кожної країни (рис. 2)

$$LS_E = \{S_{CP}, PS_U, PS_B\}, \quad (1)$$

де LS_E – множина елементів ЛС доставки вантажів; S_{CP} – множина митних пунктів на кордоні між сусідніми державами; PS_U – множина елементів логістичної підсистеми першого краю; PS_B – множина елементів логістичної підсистеми другого краю.

Множину митних пунктів формалізуємо в такий спосіб:

$$S_{CP} = \{CP_1, CP_2, \dots, CP_{N_{CP}}\}, \quad (2)$$

де CP_1, CP_2, \dots – митні пункти; N_{CP} – кількість митних пунктів.

Логістичні підсистеми сусідніх держав являють собою сукупності відповідних елементів

$$PS_U = \{S_{FO}^U, S_C^U, S_{FF}^U, S_{FT}^U\}, \quad (3)$$

$$PS_B = \{S_{FO}^B, S_C^B, S_{FF}^B, S_{FT}^B\}, \quad (4)$$

де S_{FO}^U, S_{FO}^B – відповідні множини вантажовласників двох країв; S_C^U, S_C^B – відповідні множини перевізників сусідніх країв; S_{FF}^U, S_{FF}^B – множини 4PL-провайдерів першо-

го та другого краю відповідно; S_{FT}^U, S_{FT}^B – відповідні множини 3PL-провайдерів сусідніх держав.

Множини вантажовласників, перевізників, 4PL- і 3PL-провайдерів містять кінцеве число елементів:

$$S_{FO}^U = \{FO_1^U, FO_2^U, \dots, FO_{N_{FO}^U}^U\}, \quad (5)$$

$$S_{FO}^B = \{FO_1^B, FO_2^B, \dots, FO_{N_{FO}^B}^B\}, \quad (5)$$

$$S_C^U = \{C_1^U, C_2^U, \dots, C_{N_C^U}^U\}, \quad (6)$$

$$S_C^B = \{C_1^B, C_2^B, \dots, C_{N_C^B}^B\}, \quad (6)$$

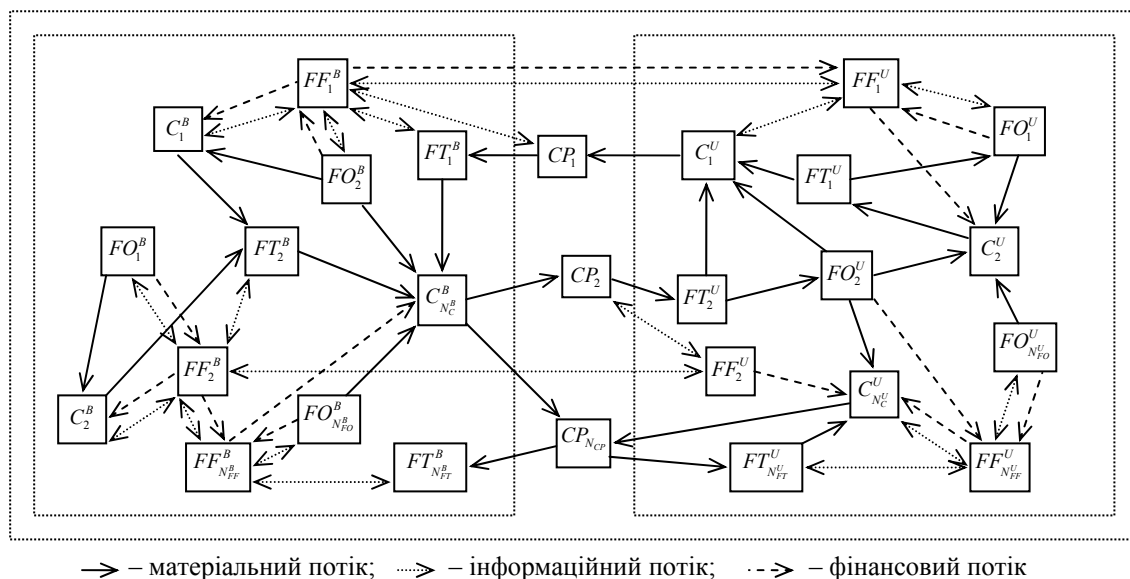
$$S_{FF}^U = \{FF_1^U, FF_2^U, \dots, FF_{N_{FF}^U}^U\}, \quad (7)$$

$$S_{FF}^B = \{FF_1^B, FF_2^B, \dots, FF_{N_{FF}^B}^B\}, \quad (7)$$

$$S_{FT}^U = \{FT_1^U, FT_2^U, \dots, FT_{N_{FT}^U}^U\}, \quad (8)$$

$$S_{FT}^B = \{FT_1^B, FT_2^B, \dots, FT_{N_{FT}^B}^B\}, \quad (8)$$

де $FO_1^U, FO_2^U, \dots, FO_{N_{FO}^U}^U$ і $FO_1^B, FO_2^B, \dots, FO_{N_{FO}^B}^B$ – вантажовласники на території першої і другої держави відповідно; N_{FO}^U, N_{FO}^B – кількість вантажовласників у логістичних підсистемах першої і другої держави відповідно; $C_1^U, C_2^U, \dots, C_{N_C^U}^U$ і $C_1^B, C_2^B, \dots, C_{N_C^B}^B$ – перевізники на території першої і другої держави відповідно;



→ – матеріальний потік; - - -> – інформаційний потік; ···> – фінансовий потік

Рис. 2. Зв'язки між елементами ЛС

N_C^U, N_C^B – кількість перевізників у логістичних підсистемах першої і другої держави відповідно; $FF_1^U, FF_2^U, \dots, FF_{N_{FF}^U}^U$ і $FF_1^B, FF_2^B, \dots, FF_{N_{FF}^B}^B$ – експедитори на території першої і другої держави відповідно; N_{FF}^U, N_{FF}^B – кількість експедиторів у логістичних підсистемах першої і другої держави відповідно; $FT_1^U, FT_2^U, \dots, FT_{N_{FT}^U}^U$ і $FT_1^B, FT_2^B, \dots, FT_{N_{FT}^B}^B$ – вантажні термінали на території першої і другої держави відповідно; N_{FT}^U, N_{FT}^B – кількість терміналів у логістичних підсистемах першої і другої держави відповідно.

Зв'язок між елементами системи прийнято розглядати на трьох рівнях – матеріальному, інформаційному й фінансовому. Відповідно, виділяється три типи потоків, що циркулюють у системі – матеріальні, фінансові й інформаційні (рис. 2). Формально потоки, що функціонують у ЛС, можна описати у вигляді відображень на декартові добутки відповідних множин елементів. При цьому слід виділити потоки, що функціонують усередині підсистем і між ними.

Матеріальні потоки всередині підсистем описуються показниками, що являють собою відображення на множину дійсних чисел \mathbb{R}

$$\begin{aligned} F_M^U &: S_{FO}^U \times S_C^U \times S_{FT}^U \mapsto \mathbb{R}, \\ F_M^B &: S_{FO}^B \times S_C^B \times S_{FT}^B \mapsto \mathbb{R}, \end{aligned} \quad (9)$$

де F_M^U, F_M^B – показники, що характеризують матеріальні потоки всередині підсистем ЛС.

Аналогічно формалізуємо інформаційні й фінансові потоки

$$\begin{aligned} F_I^U &: S_{FO}^U \times S_{FF}^U \times S_C^U \times S_{FT}^U \mapsto \mathbb{R}, \\ F_I^B &: S_{FO}^B \times S_{FF}^B \times S_C^B \times S_{FT}^B \mapsto \mathbb{R}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} F_F^U &: S_{FO}^U \times S_{FF}^U \times S_C^U \times S_{FT}^U \mapsto \mathbb{R}, \\ F_F^B &: S_{FO}^B \times S_{FF}^B \times S_C^B \times S_{FT}^B \mapsto \mathbb{R}, \end{aligned} \quad (11)$$

де F_I^U, F_I^B і F_F^U, F_F^B – показники, що характеризують інформаційні й фінансові потоки усередині підсистем відповідно.

Потоки, що циркулюють між підсистемами, є відображеннями для таких декартових добутків

$$F_M^M : S_C^B \times S_{CP} \times S_C^U \mapsto \mathbb{R}, \quad (12)$$

$$F_I^M : S_{FF}^B \times S_{FF}^U \mapsto \mathbb{R}, \quad (13)$$

$$F_F^M : S_{FF}^B \times S_{FF}^U \mapsto \mathbb{R}, \quad (14)$$

де F_M^M, F_I^M і F_F^M – показники, що характеризують матеріальні, інформаційні й фінансові потоки між підсистемами в складі ЛС.

Відзначимо, що наведений в (9)–(14) формальний опис потоків, що циркулюють у ЛС, є спрощеним, не відображає всі можливі контакти між елементами системи, однак відображає зв'язки, необхідні для реалізації основних варіантів логістичних ланцюгів. Наприклад, не враховані інформаційні потоки між митними пунктами й іншими типами елементів ЛС, хоча, звичайно, існує передача інформації (документів) від перевізників представникам митних органів. Також не враховуються інформаційні потоки між елементами різних підсистем (крім експедиторів), хоча існує обмін інформацією між вантажоодержувачем і відправником вантажу (як правило, до початку реалізації процесу доставки й після його закінчення).

Процес переміщення вантажу в ЛС реалізується в логістичних ланцюгах, серед яких можна виділити основні види:

– найпростіший логістичний ланцюг LL^{1F}

$$LL^{1F} = \{FO^B; C^B; FF^B; FO^U; CP\}, \quad (15)$$

де FO^B – вантажовласник-відправник; C^B – перевізник у регіоні відправника; FF^B – експедитор у регіоні відправника; FO^U – вантажовласник-одержувач; CP – митний пункт;

– ланцюг типу LL^{2F} (з двома експедиторами)

$$LL^{2F} = \{FO^B; C^B; FF^B; FO^U; C^U; FF^U; CP\}, \quad (16)$$

де C^U – перевізник у регіоні одержувача; FF^U – експедитор у регіоні одержувача;

– ланцюг типу LL^{1T} :

$$LL^{1T} = \{FO^B; C_1^B; C_2^B; FF^B; FT^B; FO^U; CP\}, \quad (17)$$

де C_1^B – перевізник у регіоні відправника, що забезпечує доставку вантажу на термінал; C_2^B – перевізник у регіоні відправника, що забезпечує доставку вантажу в міжнародному сполученні; FT^B – вантажний термінал у регіоні відправника;

– ланцюг із двома терміналами LL^{2T}

$$LL^{2T} = \{FO^B; C_1^B; C_2^B; FF^B; FT^B; FO^U; FF^U; C^U; FT^U; CP\}, \quad (18)$$

де FT^U – вантажний термінал у регіоні одержувача.

Критерій ефективності ЛС

Як критерій ефективності ЛС доставки вантажів у міжнародному сполученні можна запропонувати суму витрат всіх учасників процесу просування матеріалопотоку без урахування витрат, пов'язаних з функціонуванням митних пунктів

$$E_{LS} = E_{PS}^U + E_{PS}^B, \quad (19)$$

де E_{PS}^U , E_{PS}^B – сумарні витрати елементів ЛС для підсистем першої і другої держави відповідно, \$/період часу.

Сумарні витрати для логістичних підсистем будуть становити відповідно

$$E_{PS}^U = \sum_{i=1}^{N_{FO}^U} E_{FOi}^U + \sum_{i=1}^{N_C^U} E_{Ci}^U + \sum_{i=1}^{N_{FF}^U} E_{FFi}^U + \sum_{i=1}^{N_{FT}^U} E_{FTi}^U, \quad (20)$$

$$E_{PS}^B = \sum_{i=1}^{N_{FO}^B} E_{FOi}^B + \sum_{i=1}^{N_C^B} E_{Ci}^B + \sum_{i=1}^{N_{FF}^B} E_{FFi}^B + \sum_{i=1}^{N_{FT}^B} E_{FTi}^B, \quad (21)$$

де E_{FOi}^U , E_{Ci}^U , E_{FFi}^U , E_{FTi}^U і E_{FOi}^B , E_{Ci}^B , E_{FFi}^B , E_{FTi}^B – витрати вантажовласників, перевізників, експедиторів і вантажних терміналів відповідно, \$/період часу.

Розглядаючи критерій ефективності на рівні логістичного ланцюга, одержуємо відповідно суму витрат елементів даного логістичного ланцюга

$$E_{LL}^{1F} = E_{FO}^B + E_C^B + E_{FF}^B + E_{FO}^U, \quad (22)$$

$$E_{LL}^{2F} = E_{FO}^B + E_C^B + E_{FF}^B + E_{FO}^U + E_C^U + E_{FF}^U, \quad (23)$$

$$E_{LL}^{1T} = E_{FO}^B + E_{C1}^B + E_{C2}^B + E_{FF}^B + E_{FT}^B + E_{FO}^U, \quad (24)$$

$$E_{LL}^{2T} = E_{FO}^B + E_{C1}^B + E_{C2}^B + E_{FF}^B + E_{FT}^B + E_C^U + E_{FF}^U + E_{FT}^U + E_{FO}^U, \quad (25)$$

де E_{LL}^{1F} – сумарні витрати для 1F-варіанта логістичного ланцюга, \$/період часу; E_{LL}^{2F} – сумарні витрати для 2F-варіанта логістичного ланцюга, \$/період часу; E_{LL}^{1T} – сумарні витрати для 1T-варіанта логістичного ланцюга, \$/період часу; E_{LL}^{2T} – сумарні витрати для 2T-варіанта логістичного ланцюга, \$/період часу.

Виходячи з тези, що один логістичний ланцюг реалізує одну заявку вантажовласника на перевезення партії вантажу, можна сказати, що сума витрат по всіх реалізованих логістичних ланцюгах є критерієм ефективності ЛС, представленим в (19). Тобто критерій ефективності ЛС можна записати у вигляді

$$E_{LS} = \sum_{i=1}^{N_Z} E_{LLi}, \quad (26)$$

де N_Z – кількість реалізованих заявок вантажовласників, що є елементами ЛС, протягом певного періоду часу.

Висновки

При розгляді ЛС доставки вантажів в міжнародному сполученні очевидним є виділення двох підсистем – логістичної підсистеми, що представляє сукупність транспортних, торговельних і посередницьких організацій однієї держави, а також відповідної логістичної підсистеми підприємств сусіднього краю. При розробці моделей підвищення ефективності ЛС вантажів у міжнародному сполученні доцільно виділяти такі групи елементів: вантажовласники, перевізники, вантажні термінали (3PL логістичні оператори), експедитори (4PL логістичні оператори), митні пункти.

Оскільки елементи ЛС при реалізації потреби вантажовласників щодо переміщення вантажів утворюють логістичні ланцюги, то ЛС також є сукупністю логістичних ланцюгів як підсистем. Виходячи з тези, що один логістичний ланцюг реалізує одну заявку вантажовласника на перевезення партії вантажу, можна сказати, що сума витрат по всіх реалізованих логістичних ланцюгах є сумою ви-

трат всіх елементів ЛС. Використання критерію ефективності ЛС у такій формі дозволяє визначити завдання підвищення ефективності ЛС у цілому як сукупність завдань з підвищення ефективності процесу доставки в окремих ланцюгах.

Перспективними напрямками подальших досліджень є реалізація запропонованої моделі на прикладі двох країв, що мають спільний сухопутний кордон.

Література

1. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска / Г.Л. Бродецкий. – М.: Вершина, 2006. – 376 с.
2. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / Дж. Шапиро. – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.
3. Модели и методы теории логистики ; под ред. Лукинського В.С. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
4. Крикавський Є.В. Логістична система / Є.В. Крикавський, Н.В. Чернописька. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 264 с.
5. Blaik P. Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania / P. Blaik. – Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2010.– 476 s.
6. Наумов В.С. Модель рынка транспортно-экспедиционных услуг / В.С. Наумов // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техника, 2009. – Вып. 90. – С. 435–440.

Рецензент: П.Ф. Горбачов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 27 липня 2011 р.
