

УДК 656.13.073

СИСТЕМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

**М.В. Підгорний, доц., к.т.н., О.Ю. Лук'янченко, доц., к.т.н.,
Черкаський державний технологічний університет**

Анотація. Запропоновано підхід до проектування, планування та управління ланцюгами постачань із застосуванням системної оптимізації на всіх етапах життєвого циклу ланцюга постачань, що передбачає інтеграцію й управління всіма організаціями і видами діяльності, що входять до ланцюга постачань.

Ключові слова: логістика, ланцюг постачання, системна оптимізація.

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

**М.В. Подгорный, доц., к.т.н., О.Ю. Лукьянченко, доц., к.т.н.,
Черкасский государственный технологический университет**

Аннотация. Предложен подход к проектированию, планированию и управлению цепями поставок с применением системной оптимизации на всех этапах жизненного цикла цепи поставок, что предусматривает интеграцию и управление всеми организациями и видами деятельности, входящих в цепь поставок.

Ключевые слова: логистика, цепь поставок, системная оптимизация.

SYSTEM ENGINEERING OF LOGISTIC SUPPLY CHAIN

**M. Pidhornyi, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), O. Lukyanchenko, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Cherkasy State Technological University**

Abstract. The approach to designing, planning and managing the supply chain with the use of system optimization at all stages of the supply chain life cycle is offered. Integration and management of all organizations and activities within the supply chain is suggested.

Key words: logistics, supply chain, system optimization.

Вступ

Сьогодні ринок логістики в Україні перебуває на етапі стабілізації. Він стає більш цивілізованим, відкритим і професійним. Компанії-учасниці, зацікавлені в розвитку свого бізнесу і бізнесу клієнта, сміливо йдуть на впровадження інноваційних рішень та ІТ продуктів, шукають нові методи оптимізації витрат на логістику. З'являються нові вузькоспеціалізовані напрями проектування в логістиці.

Аналіз публікацій

Управління ланцюгами постачань (Supply Chain Management – SCM) передбачає інтеграцію й управління всіма організаціями і ви-

дами діяльності, що входять до ланцюга постачань, на основі взаємного співробітництва, ефективних бізнес-процесів і високого ступеня спільного використання інформації, з метою створення високоефективних систем формування цінності, які забезпечують організаціям-учасникам суттєву конкурентну перевагу [1]. Розвиток логістики зумовлений в першу чергу прагненням до скорочення часових і грошових витрат, пов'язаних із рухом товару [2]. Відповідно до існуючої класифікації матеріальні потоки поділяють за такими ознаками [3]: по відношенню до логістичної системи; за натурально-речовим складом; за характеристиками вантажів; за ступенем де-

термінованості; за ступенем безперервності в часі; за ступенем сумісності. Поряд із матеріальним потоком переважно циркулює інформаційний потік. У процесі управління інформаційним потоком важливе значення мають координація та узгодження основних характеристик потоку – швидкості передачі і прийому інформації, обсягу інформації та пропускної здатності каналу передачі інформації [4].

Мета і постановка завдання

Найявний успішний розвиток об'єктів сучасної техніки та автоматизації процесів всього їх «життєвого циклу» сприяв появі ряду нових задач у галузі кібернетики. У роботі [5] професор К.Д. Жук прагне розкрити становлення сучасної техніки, що проходить процес системотворення; найбільш важливим і новим є створення інформаційних систем, що супроводжують процеси проектування, побудови, керування і цільового використання кожної сучасної технічної системи і всієї сукупності технічних систем у цілому. Досягти цього можна лише на основі широкого використання автоматизованих систем управління, орієнтованих на вирішення комплексу задач планування та управління. Суттєво зросла роль як однокритеріальних, так і багатокритеріальних оптимізаційних задач при проектуванні ланцюгів постачань, дослідженню яких присвячено багато робіт. Отримано значні результати в розробці методів і алгоритмів розв'язання таких задач, у створенні пакетів програм, що реалізують ці алгоритми. Але обмеженість постановок та засобів вирішення таких задач не дає можливості зробити на сьогодні створений апарат інструментом у практиці управління, планування, проектування [6]. Особливо це стосується задач багатокритеріальної оптимізації, при вирішенні яких застосовуються методи, що базуються на заданих відносно важливих критеріальних функціях і зведенні вихідної задачі до визначеного класу задач однокритеріальної оптимізації, що не дає особі, яка приймає рішення, отримати задовільний результат. Останнім часом при вирішенні задач багатокритеріальної оптимізації намітилося широке застосування людино-машинних процедур, на кожному кроці яких особа, що приймає рішення, повинна вказувати свою перевагу на множині критеріальних функцій [4–6].

Системний розгляд ланцюга постачань

У практиці, як правило, при проектуванні великих систем (ланцюгів постачань) і керуванні такими системами використовується багато критеріїв [7]. А. Харрисон і Р. Хоук пропонують використовувати вісім показників оцінки ефективності ланцюгів постачань [8]: вхідний потік: вчасно та в повному обсязі – критерій оцінки отриманих поставок – в повній мірі, вчасно та відповідно до вимог; вихідний потік: вчасно і в повному обсязі – критерій оцінки виконання замовлень клієнта – в повній мірі, вчасно та відповідно до вимог; внутрішній відсоток браку: критерій відповідності процесу технічним вимогам і контролю якості; коефіцієнт введення нової продукції: критерій оцінки чутливості ланцюга постачань до нової продукції; скорочення витрат: критерій оцінки беззбитковості розробки продукції та процесів; швидкість обороту товарних запасів: критерій оцінки потоку товарів у ланцюгу постачань; час від моменту замовлення до моменту доставки: критерій чутливості ланцюга постачань до процесів; гнучкість бюджету: критерій, що показує, наскільки легко структурувати ланцюг постачань для отримання фінансових переваг.

У ряді випадків їх удається тим або іншим чином звести до одного критерію і тим самим повернутися до випадку однокритеріальної оптимізації. Найпростіший спосіб такого зведення полягає в так званому «зважуванні» критеріїв. Якщо $f_1(x), \dots, f_n(x)$ – цільові функції, що виражають значення використовуваних критеріїв, то для кожної з них, з відносною важливістю критеріїв, обирається позитивний ваговий коефіцієнт α_i .

Операція зважування критеріїв (цільових функцій) $f_1(x), \dots, f_n(x)$ полягає в заміні їх єдиним критерієм (цільовою функцією) $f(x) = \alpha_1 f_1(x) + \dots + \alpha_n f_n(x)$.

Однак для багатьох задач, пов'язаних з великими системами, подібне зведення виявляється практично неможливим, оскільки у процесі оптимізації доводиться мати справу з векторною (багатокритеріальною) цільовою функцією. При цьому допустима область моделей M може змінюватися у процесі оптимізації.

Більше того, у цій цілеспрямованій зміні саме і полягає основна змістовна сутність процесу оптимізації для подібного класу задач. Оскільки закони можливих змін припустимої області M задаються звичайно системною моделлю, то описуваний підхід до оптимізаційних задач природно називати системним.

Відмітимо, що при системному підході зміні обмежень, що задають допустиму область у просторі тих або інших параметрів, відбуваються, як правило, у результаті послідовності рішень. Ці рішення обираються з дискретної множини можливих рішень, причому сама ця множина на початку процесу оптимізації звичайно буває не цілком задана й уточнюється у процесі діалогу з менеджерами, що володіють прийомами вироблення нових рішень, не до кінця формалізованими.

Для того щоб краще розкрити ідею, проілюструємо її графічно, розглянемо двукритеріальний випадок. Припустимо також, що вибором значень цих критеріїв (оцінки отриманих поставок – в повній мірі; оцінки виконання замовлень клієнта – в повній мірі) однозначно визначаються відповідні рішення. Іншими словами, шукане рішення визначається безпосередньо у просторі K критеріїв оптимізації, які ми позначимо x_1 і x_2 (рис. 1).

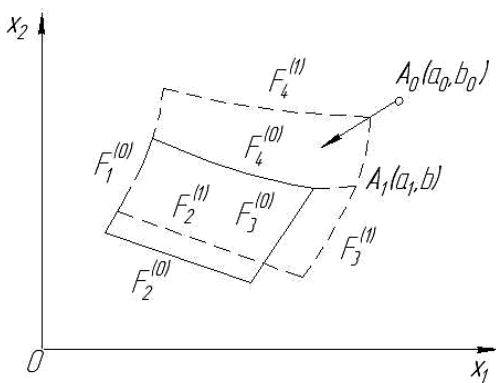


Рис. 1. Формалізована постановка задачі системної оптимізації

Процес вирішення починається з того, що в заданому просторі K обирається деяка точка A_0 з координатами a_0, b_0 – бажаний розв'язок задачі. Далі будуються початкові обмеження (фізичні, економічні, технологічні, організаційні) $F_1^{(0)}(x_1, x_2) \geq 0, \dots, F_{n1}^{(0)}(x_1, x_2) \geq 0$, що задають початкову допустиму область P_0 . Прямою перевіркою встановлюється, чи належить точка A_0 області P_0 . У першому випадку в принципі може бути застосована

звичайна (класична) процедура оптимізації за одним із критеріїв x_1, x_2 або за тією чи іншою їх комбінацією.

Однак при системному підході застосовується звичайно зовсім інший прийом, а саме: відповідно до моделі M вищого рівня, що керує вибором критеріїв, точка A_0 виводиться за межі припустимої області P_0 , як це і показано на рис. 1.

Після цього виділяються ті обмеження, що не виконуються в точці A_0 (у розглянутому випадку ними будуть $F_3^{(0)}$ і $F_4^{(0)}$). Звертаючись до моделей M_3 і M_4 , що формують ці обмеження, у діалоговому режимі досліджуються ті або інші рішення, що змінюють відповідні обмеження в потрібному напрямку (якщо така зміна виявляється можливою). Потрібним при цьому вважається той напрямок, що зменшує абсолютну величину негативних нев'язок $F_i^{(0)}(a_0, b_0)$ (у розглянутому випадку – $F_3^{(0)}(a_0, b_0)$ і $F_4^{(0)}(a_0, b_0)$).

Слід мати на увазі, що в багатьох випадках обмеження виявляються взаємозалежними, оскільки зміна одного з них приводить до зміни певної частини інших обмежень. Керування вибором рішень для змін обмежень визначає при цьому мінімальну функцію штрафу $g_0(a_0, b_0)$. Такою функцією обирається максимальна абсолютна величина негативних нев'язок $\alpha_i F_i^{(0)}(a_0, b_0)$ (де α_i – деякі вагові коефіцієнти). Якщо таких нев'язок немає, то, за визначенням $g_0(a_0, b_0) = 0$.

У результаті керування з'являється ряд рішень R_1, \dots, R_m , що приводять до зменшення значення функції штрафу, яке після m -го рішення позначимо $g_m(a_0, b_0)$. Кожне з прийнятих рішень, змінюючи обмеження, приводить до відповідної зміни допустимої області. На рис. 1 показано дві такі зміни: перша змінює обмеження $F_3^{(0)}, F_2^{(0)}$, замінюючи їх відповідно обмеженнями $F_3^{(1)}, F_2^{(1)}$; друга стосується лише одного обмеження $F_4^{(0)}$, замінюючи його обмеженням $F_4^{(1)}$. Припустима область P_0 , що виходить, обмежена лініями $F_1^{(0)}, F_2^{(1)}, F_3^{(1)}, F_4^{(1)}$, а відповідне значення функції штрафу дорівнює $g_2(a_0, b_0)$.

Помітимо, що завчасний вибір кінцевої допустимої області не можливий, через те що послідовність областей P_0, P_1, \dots може не бути упорядкована по вкладенню. Крім того, величезна трудомісткість формування нових

обмежень не дозволяє виконати цю роботу завчасно, оскільки при цьому необхідно було б виконати багато зайвої роботи по зміні несуттєвих обмежень.

Якщо $g_2(a_0, b_0) \neq 0$ (як на рис. 1), а рішення, що приводять до подальшого зменшення значення функції штрафу, немає, то відбувається повернення до вищої моделі M , що керує вибором бажаних рішень $A(a, b)$. Шляхом ряду послідовних рішень $D_1, D_2, D_3, \dots, D_k$ проходить заміна початкового рішення $A_0(a_0, b_0)$, воно замінюється на $A_1(a_1, b_1), \dots, A_k(a_k, b_k)$, поки чергова точка не опиниться у допустимій області (на рисунку $k = 1$). Рішення та зміни обираються із припустимої множини рішень, з метою мінімізації функції штрафу. Цей процес є близьким до класичного процесу оптимізації, за винятком тієї обставини, що кроки обираються не довільно, а відповідно до припустимого (моделлю M) рішення.

Нарешті, після потрапляння точки A_k у заключну припустиму область P_m може бути застосована додаткова процедура оптимізації за якими-небудь комбінаціями критеріїв у межах цієї припустимої області. Така процедура відрізняється від класичної лише тим, що вибір кроків оптимізації не довільний, а керується моделлю M вищого рівня. Якщо подальшому поліпшенню обраного критерію заважають деякі обмеження, що піддаються подальшим змінам у потрібному напрямку, то процес оптимізації може бути продовжений за рахунок включення в послідовність рішень такі зміни.

Зазначимо, що однозначне визначення рішення задачі вибором значень усіх критеріїв оптимізації зустрічається не настільки рідко, як це може здатися на перший погляд. Воно має, наприклад, місце для проектування ланцюга постачань, де критерієм (векторним) є оцінка отриманих поставок, а рішенням задачі – отримання вантажу в повній мірі, або критерієм є виконання замовлень клієнта, а рішенням задачі – виконання замовлень клієнта в повній мірі. У випадку, коли така однозначність відсутня, простір, в якому проводиться пошук рішень, крім координат, що відповідають критеріям оптимізації, може мати й інші координати. Описаний вище процес оптимізації при цьому ускладнюється за рахунок того, що точки $A_i(a_i, b_i)$ замінюються гіперплощинами. Ускладнюється і визна-

чення функції штрафу: як така може бути узята, наприклад, відстань від обраної гіперплощини до чергової припустимої області у просторі із заданими стисками (розтягами) уздовж осей, що відповідають критеріям оптимізації.

У найбільш загальному випадку замість гіперплощин можуть застосовуватися множини точок довільного виду є можливими постановки, при яких на цих множинах значення критеріїв визначені неоднозначно, а для розрізнення більш-менш кращих рішень на множинах задаються (моделлю вищого рівня M) відповідні вагові функції. Однак важливою рисою системної оптимізації, що зберігається при всіх підходах, крім багатокритеріальності й можливості зміни припустимої області, є взаємодія моделей різних рівнів. У випадку виконання задач проектування ланцюгів постачань рішення в цих моделях проводяться менеджерами різних рівнів, а у випадку вирішення проектно-конструкторських задач – проектантами.

Неважко помітити, що розглянуті процедури побудовані на алгоритмах вирішення різного класу задач математичного програмування, які виникають на різних етапах реалізації технології системної оптимізації багатокритеріальних задач, що потребує розробки спеціального системного забезпечення. Доступність методу системної оптимізації доцільно запроваджувати при побудові ланцюгів постачань.

Висновки

Системний розгляд ланцюга постачань із подальшою оптимізацією важливих показників ефективності при проектуванні ланцюга постачань є критерієм підвищення потужності ланцюгів постачань, що включають у себе можливість учасників ланцюга підтримувати максимально можливу швидкість матеріального потоку. Загальна швидкість матеріального потоку у всьому ланцюгу постачань дорівнюватиме мінімальній швидкості найпроблемнішої ланки. Виділення важливих систем і компонентів ланцюга постачань, найбільш значущих похибок має велике значення для удосконалення проекту ланцюга постачань і для підготовки персоналу логістичної компанії.

Література

1. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер. – С.Пб.: Питер, 2004. – 316 с.
2. Окландер М.А. Промислова логістика: навч. посіб. / М.А. Окландер, О.П. Хромов. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 222 с.
3. Гаджинский А.М. Логистика: учеб. для высших и средних спец. учеб. заведений / А.М. Гаджинский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000. – 375 с.
4. Воркут Т.А. Проектування систем транспортного обслуговування в ланцюгах постачань: монографія / Т.А. Воркут. – К.: НТУ, 2002. – 248 с.
5. Жук К.Д. Системное проектирование современной техники / К.Д. Жук // Сборник научных трудов. – 1982. – С. 146–158.
6. Пономарьова Ю.В. Логістика: навч. посібник / Ю.В. Пономарьова. – 2-е вид., перероблене та доповнене – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 328 с.
7. Cross K.F. Measure Up!: Yardsticks for Continuous Improvement / K.F. Cross, R.L. Lynch. – 2nd Edition. – Oxford: Blackwell Publishers, 1995. – 436 p.
8. Харрисон А. Управление логистикой. Разработка стратегии логистических операций / А. Харрисон, Р.В. Хоук. – Д.: Баланс Бизнес Букс, 2007. – 368 с.

Рецензент: Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 27 квітня 2016 р.
