

Скіцько В.І., Ігнатова Ю.В.

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ ЛОГІСТИКИ У МАЛОМУ БІЗНЕСІ

Стаття присвячена дослідженню проблеми розв'язку багатоцільових оптимізаційних задач логістики у малому бізнесі. Сформульовано задачу, в якій з'ясовується вплив використання 3D-принтерів на кінцевий результат діяльності підприємств малого бізнесу. З метою мінімізації витрат часу на виробництво та підготовку продукції для доставки розроблено відповідну математичну модель багатоцільової оптимізації логістичних процесів підприємства малого бізнесу. Описано кроки розв'язку задачі з використанням інструментарію цільового програмування.

Ключові слова: логістика, цільове програмування, багатоцільова оптимізація, малий бізнес.

Постановка проблеми. Логістика у функціонуванні будь-якого підприємства як сфера його діяльності з кожним роком грає дедалі важливішу роль. Це стосується як підприємств (корпорацій), які мають тривалу історію існування, так і новостворених; як підприємств, на яких існують виробничі процеси, які не змінювалися вже кілька років, а то й десятиліть, так і інноваційних підприємств, зокрема, таких які розробляють інформаційне забезпечення, і для них характерні постійні зміни у виробничих процесах; як великих підприємств, так і малих тощо.

Наразі немає однозначного визначення поняття «логістика», з низкою з яких можна ознайомитися, наприклад, в роботах [1-3]. Але незалежно від визначень для логістики підприємства повинні виконуватися загальноприйняті основні правила «7R» (потрібна продукція – Right product, потрібна кількість – Right quantity, узгоджений час – Right time, узгоджене місце – Right place, узгоджена сума витрат – Right cost, потрібна якість – Right condition, потрібний споживач – Right customer), які знаходять своє відображення у меті логістики та її завданнях, в межах яких вирішуються конкретні задачі [1, 3].

Для розв'язання задач логістики використовується різноманітний інструментарій. Зокрема, інструментарій математичного програмування використовується для вирішення

задач визначення найкоротшого шляху, визначення місця розташування складу, визначення часу та обсягів поставок тощо; інструментарій мережевого планування може бути використаний для вирішення задач вибору виду транспорту, способів перевезення, проектування логістичних ланцюгів поставок тощо; за допомогою інструментарію теорії масового обслуговування можна визначити пропускну здатність складових логістичної системи, ймовірність відмов в обслуговуванні тощо; інструментарій теорії ігор використовується для підтримки прийняття управлінських рішень в логістиці за умов невизначеності тощо [4].

Вирішення кожної практичної задачі логістики допомагає у прийнятті деякого управлінського рішення, яке у свою чергу повинно допомогти у досягненні деякої мети підприємства. З іншої сторони, досить велика кількість задач в логістиці є задачами оптимізаційними, зокрема, багатокритеріальними та багатоцільовими. В цьому випадку можна використати інструментарій цільового програмування, яке є складовою звичайного лінійного програмування та передбачає встановлення значень рівнів досягнення цілей за кожним із їх (цілей) критеріїв [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі проблемі розв'язання оптимізаційних задач із різних сфер економіки присвячено дуже багато наукових робіт, в яких досліджується використання різного інструментарію економіко-математичного моделювання. Проте праць, присвячених цільовому програмуванню, обмаль, переважна більшість із них це є роботи навчального характеру, зокрема [5-9], в яких досліджується низка теоретичних та практичних аспектів даного інструментарію моделювання. З іншою сторони, розв'язанню різних задач

© Скіцько Володимир Іванович, к.е.н., доц., доцент кафедри економіко-математичного моделювання, ДВНЗ «Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана», м.Київ, тел.:+38(044)5370736, e-mail: skitsko.kneu@gmail.com
Ігнатова Юлія Володимирівна, к.е.н., доцент кафедри економіко-математичного моделювання, ДВНЗ «Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана» м. Київ, тел.:+38(044)5370736, e-mail: u1@ukr.net

логістики також присвячено досить велика кількість робіт. Проте вітчизняних ґрунтовних робіт щодо застосування цільового програмування майже немає. Тому даною роботою ми б хотіли деякою мірою зменшити цю прогалину.

Окрім того, складність проблем, які потребують вирішення у різних сферах бізнесу (в тому числі й логістиці), лише зростає, і «тільки багатоцільова оцінка і вибір створюють передумови для розробки ефективної методології вирішення цих проблем» [6]. Отже цільове програмування як інструментарій вирішення багатоцільових задач є досить перспективним напрямком. Тому в даних дослідженнях зосередимося на використанні цільового програмування у вирішенні логістичних задач.

Формулювання цілей статті. Мета досліджень полягає в наступному: ознайомлення з інструментарієм цільового програмування; формулювання багатоцільової оптимізаційної задачі логістики, для вирішення якої доцільно застосувати інструментарій цільового програмування; опис покрокової процедури розв'язку задачі логістики; окреслення напрямків майбутніх досліджень.

Опис основного матеріалу дослідження. Логістичний ланцюг поставки продукції від виробника до кінцевого споживача наразі можна описати наступним чином. Сировина та допоміжні матеріали рухаються від постачальників до виробника, де перетворюються на готову продукцію, яка у свою чергу через мережу дистриб'юторів потрапляє до різних роздрібних магазинів, а далі й до кінцевого споживача. У цьому випадку продавець (роздрібний магазин) продає, а кінцевий споживач купує та споживає лише ту продукцію, яку виготовив виробник і вплинути оперативно на її характеристики та якість вони не можуть. Такий логістичний ланцюг в цілому буде справедливим для великого, середнього та малого бізнесу.

Наразі перспективним напрямком вважають використання у виробництві, насамперед малого бізнесу, 3D-принтерів, які можуть значно розширити межі пропонованих для споживача товарів [10]. В даному випадку готова продукція може бути вироблена згідно індивідуальних потреб кінцевого споживача, а необхідність у наявності дистриб'юторів та роздрібних магазинів може зникнути. У малому бізнесі (як і у великому) зазвичай виготовлена продукція складається та зберігається деякий час до моменту її реалізації кінцевому споживачу (окрім, наприклад, індивідуального пошиття одягу тощо). Використовуючи 3D-принтери,

можна досягти зменшення залишків готової продукції, або й взагалі працювати без залишків, що може зумовити відсутність потреби у складських приміщеннях для готової продукції взагалі. А це може значно скоротити витрати бізнесу. З іншої сторони, виникає проблема постійної наявності сировини та запчастин для 3D-принтерів. Проте в цьому випадку витрати бізнесу також можуть зазнати зменшення, зокрема через те, що одна й та сама сировина може бути використана для виготовлення різної готової продукції, а зберігати різні товари може виявитися дорожче, ніж однорідну сировину.

Окрім того компанія Амазон розробила та запатентувала інноваційний спосіб доставки товару, за якого у процесі доставки такого товару відбувається його виробництво (тобто друк) за допомогою 3D-принтера, який знаходить у машині, що рухається до замовника товару [11].

Отже використання 3D-принтера у малому бізнесі може зумовити зміни, насамперед, у витратах коштів на виготовлення та зберігання готової продукції та часу виконання замовлення. Проблема використання коштів є складною задачею, яка потребує низки уточнень і може бути предметом окремих досліджень. Окрім того, наразі використання 3D-принтера не несе очевидної економії коштів у малому бізнесі, зокрема, через значну вартість самих принтерів, проблему постійної наявності та доступності сировини, що використовується 3D-принтерами для виготовлення продукції тощо. Тому в своїх дослідженнях зосередимося на питаннях ефективності використання часу у малому бізнесі при виготовленні продукції на 3D-принтері та її (продукції) реалізації.

Розглянемо дві ситуації малого бізнесу: 1) схема існуючого (без використання 3D-принтера) виробництва та реалізації готової продукції (див. рис. 1); 2) схема виробництва та реалізації продукції з використанням 3D-принтера (див. рис. 2). Висунемо наступні гіпотези. Будемо вважати, що за існуючої схеми виробництва та реалізації продукції повне виконання замовлення клієнта складається із наступних кроків: прийняття замовлення до виконання; підбір продукції на складі; перевірка товару на пошкодження та працездатність тощо; упакування замовлення; підготовка супровідних документів; передача замовлення в службу доставки; доставка замовлення до споживача. В своїх дослідженнях виконання замовлення будемо розглядати до моменту передачі його до служби доставки. Через те, що доставкою можуть займатися як сторонні організації, так і саме підприємство, під час доставки може здійснюватися одночасна доставка різних

замовлень на різні відстані, а також можуть бути різні інші проблемні ситуації, вивчення яких може бути предметом окремих досліджень.

При використанні 3D-принтера повне виконання замовлення буде складатися із раніше наведених кроків та додаткового кроку – виготовлення (друк) готової продукції за допомогою 3D-принтера, а крок щодо підбору продукції на складі може бути відсутній.

Будемо вважати, що запаси готової продукції утворюються насамперед у продавця, який

безпосередньо контактує із клієнтом та виконує його замовлення. Проте у малому бізнесі виробник та продавець можуть бути як окремими підприємствами (особами), так і бути одним підприємством (особою). Використання 3D-принтера деякою мірою взагалі стирає межі між поняттями «виробник» та «продавець». Тому в наших дослідженнях припустимо, що виробник та продавець є одним підприємством малого бізнесу в обох ситуаціях, що зображені на рис.1 та рис. 2.

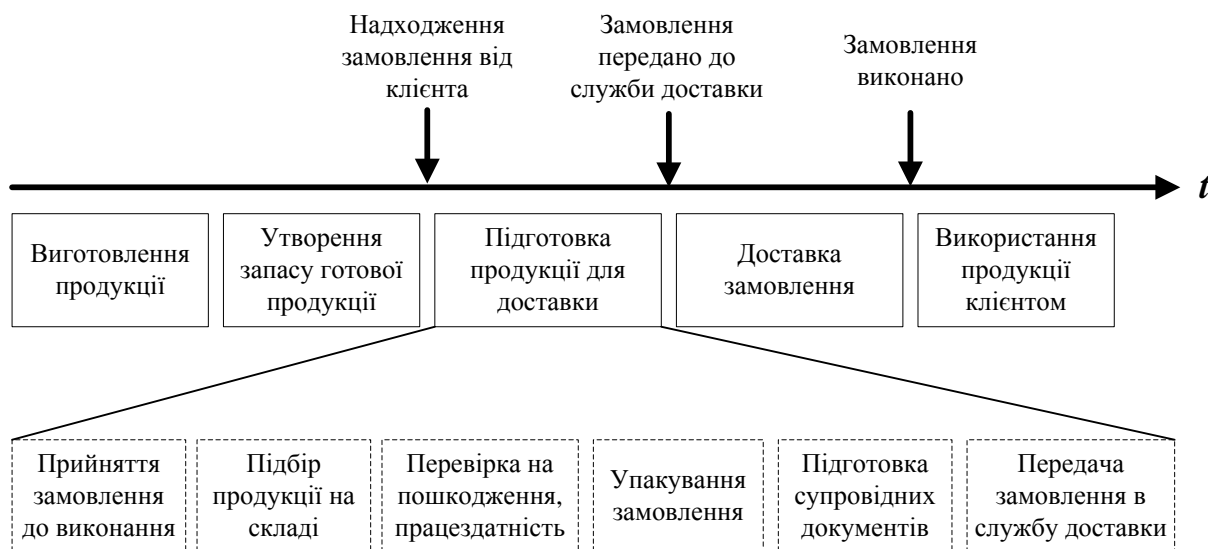


Рис.1. Умовна схема виконання замовлення клієнта в малому бізнесу за існуючого способу виготовлення продукції*

* Побудовано авторами

Формалізуємо процес підготовки продукції для доставки на підприємстві згідно умовної схеми з рис.1. Введемо наступні позначення. Нехай x_1, x_2, \dots, x_n – кількість продукції першого виду, другого і т.д., яка реалізується підприємством малого бізнесу (n – максимальна кількість видів продукції, яку виготовляє підприємство). Оскільки на підготовку для доставки одиниці товару першого виду витрачається c_1 часу (кількість годин, які витрачаються на здійснення усіх кроків, що складають блок «Підготовка продукції для доставки» з рис.1), то, відповідно на підготовку для доставки продукції в кількості x_1 необхідно витратити $c_1 x_1$ часу. Аналогічно висновки можна зробити для інших видів продукції. Тоді витрати часу на підготовку продукції для доставки в цілому будуть дорівнювати: $c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n$.

Таким же чином формулюються математичні вирази, які описують обсяги використання

ресурсів, задіяних в процесах підготовки продукції для доставки (виконання замовлення): кількість годин, що витрачаються відділами пакування, оформлення супровідних документів на підготовку замовлень і т.д. Також необхідно врахувати обмеження, зумовлені ситуацією на ринку. Наприклад, обмеження щодо попиту на продукцію матиме вигляд:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1,$$

де a_{11} – частка попиту на перший вид продукції за певний період часу (наприклад за добу), a_{12} – частка попиту на другий вид продукції за певний період часу і т.д.

Тоді вираз $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n$ математично описує загальний попит на продукцію підприємства за певний період часу. Ця величина має бути не менше ніж загальний обсяг товарів, який підприємство зазвичай постачає клієнтам за певний період часу – b_1 .

Отже, лінійна економіко-математична модель даної задачі матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
 Z &= c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n \rightarrow \min \\
 a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n &\geq b_1 \\
 a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n &\geq b_2 \quad (1) \\
 a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n &\geq b_n \\
 x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \\
 x_1, x_2, \dots, x_n &- \text{цілі}
 \end{aligned}$$

Встановимо початкові умови для чисельної реалізації процесів підготовки продукції для доставки клієнту відповідно до схеми з рис. 1. та математичної моделі (1). На стадії оброблення замовлення, магазин має підготувати товар для доставки якомога швидше з метою поліпшення рівня сервісу та підвищення конкурентоспроможності магазину в цілому. Сформулюємо наступну задачу, в якій для наочності розуміння подальшого матеріалу обмежимося розглядом двох видів товару. Припустимо, що на підприємстві є статистичні дані, згідно яких підприємство реалізує два види продукції кількістю не менше 50 одиниць за день, в тому числі продукції другого виду продається не менше 30 одиниць. Вважатимемо, що підприємство працює 12 годин на добу, тобто 720 хв. Витрати часу на підготовку продукції (товарів) першого та другого виду (Товар1 та Товар2) для доставки наведені в табл.1.

Табл. 1
Витрати часу на підготовку продукції для доставки

Показник	Час, хв.	
	Товар1	Товар2
Витрати часу на підготовку продукції для доставки	10	15

Математична постановка цієї задачі буде наступною. Нехай x_1, x_2 –кількість товарів першого та другого виду, що підготовлюються

для доставки (x_1, x_2 – додатні, цілі числа). Метою підприємства є мінімізація витрат часу на підготовку продукції для доставки, тобто мінімізація цільової функції Z (в хв):

$$Z = 10x_1 + 15x_2 \rightarrow \min ,$$

при обмеженнях:

$$x_1 + x_2 \geq 50 \text{ (обмеження по попиту на товар1 та товар2)}$$

$$10x_1 + 15x_2 \leq 720 \text{ хв. (обмеження по часу процесів підготовки продукції для доставки)}$$

$$x_2 \geq 30 \text{ (обмеження по попиту на товар2) (2)}$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ (} x_1, x_2 \text{ мають бути додатними)}$$

$$x_1, x_2 - \text{цілі (} x_1, x_2 \text{ мають бути цілими)}$$

Вирішивши задачу (2) за допомогою надбудови MS Excel «Пошук рішення», було отримано наступні результати: за робочий день підприємству вдається підготувати для доставки 56 одиниць продукції, з яких 25 одиниць – це Товар1, а 31 одиниця – це Товар2; на здійснення цих дій підприємство витрачає 715 хв. в день.

Розглянемо далі ситуацію залучення 3D-принтерів для виробництва товарів підприємством малого бізнесу. Припустимо, що підприємство здійснює виробництво продукції за допомогою 3D-принтерів лише після надходження замовлення від клієнта. Проте продукцію необхідно не лише виробити (роздрукувати), а й перевірити на наявність дефектів, упакувати, підготувати супровідну документацію перш ніж доставити до клієнта. Дослідимо загальні витрати часу на друк продукції та її підготовку для доставки в цьому випадку.

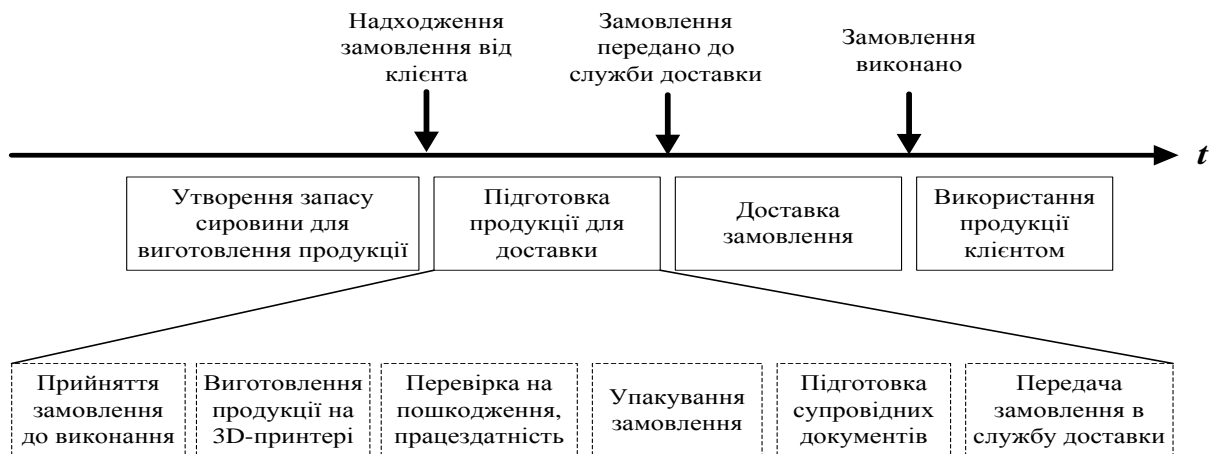


Рис.2. Умовна схема виконання замовлення клієнта в малому бізнесу з використанням 3D-принтера для виготовлення продукції*

* Побудовано авторами

Час підготовки продукції для доставки в нашому випадку зростає на час, який потрібен для виготовлення продукції на 3D-принтері. Проте потрібно враховувати, що існує проблема доставки сировини для 3D-принтера (яка не завжди може бути наявною у підприємства), процес підбору на складі готової продукції може бути відсутній взагалі. Тому припустимо, що час підготовки продукції для доставки в цілому для нашого умовного прикладу може зрости вдвічі. Причому один товар друкується на одному принтері та одночасного друку товарів одного типу не передбачається, так як технологія 3D-друку є дорогою і для обсягів виробництва у малому бізнесі потужностей одного 3D-принтера може виявитися достатньо. Умовна схема виконання замовлення клієнта в малому бізнесі з використанням 3D-принтера для виготовлення продукції наведена на рис.2.

Процес підготовки продукції для доставки, який включає друк на 3D-принтері, є складнішим за зазначений раніше процес (без використання 3D-принтера). Такий процес може зумовити виникнення багатоцільової оптимізаційної задачі, результат вирішення якої залежить від

встановлених пріоритетів цілей. У разі наявності кількох цілей до звичайної задачі лінійного програмування вводяться відповідні відхилення в меншу та більшу сторону d_{-i}, d_{+i} при досягненні кожної цілі t_i . Тоді цільовою функцією Z буде мінімальна сума відповідних відхилень поділених на задані обмеження t_i :

$$Z = \sum_{i=1}^n (d_{-i} + d_{+i}) / t_i \rightarrow \min ,$$

при обмеженнях:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n + d_{-1} - d_{+1} &\geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n + d_{-2} - d_{+2} &\geq b_2 \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n + d_{-n} - d_{+n} &\geq b_n \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \\ x_1, x_2, \dots, x_n &- \text{цілі} \end{aligned} \quad (3)$$

Початкові умови для числової реалізації задачі (3), яка дозволить дослідити витрати часу за 1 день (12 год = 720 хв), подано в табл. 2.

Табл. 2

Потенційні витрати часу на підготовку продукції для доставки, яка включає друк на 3D-принтері

Показник	Час, хв.	
	Товар1	Товар2
Загальні витрати часу на підготовку продукції для доставки:	20	30
- в тому числі витрати часу на друк продукції за допомогою 3D-принтера	10	15

Припустимо, що підприємство має кілька цілей (перша має найвищий пріоритет, остання – найнижчий):

1. Витратити не більше певного відсотку часу (наприклад 40%) на друк товарів в день;
2. Підготувати для доставки не менше 50 одиниць продукції (товарів) обох видів в день;
3. Підготувати для доставки не менше 30 одиниць товару другого виду в день.

Для досягнення поставлених цілей виконаємо наступні кроки.

Крок 1. Необхідно перевірити чи всі цілі можна досягнути. Цей крок можна виконати, сформулювавши проблему як задачу лінійного програмування, яка розглядалась на попередньому прикладі. Нехай x_1, x_2 кількість відповідно товару першого та другого виду. Так як підприємство планує досягти поставлених цілей, дана задача відрізняється від звичайної задачі лінійного програмування, яка передбачає досягнення лише однієї цілі. Однак, доцільно зосередитись спочатку на досягненні найбільш пріоритетної цілі і виконати її першою. Отже

необхідно мінімізувати загальну кількість витрат часу на друк і оброблення замовлень товарів, тобто мінімізувати цільову функцію Z , де

$$Z = 20x_1 + 30x_2 \rightarrow \min$$

при наступних обмеженнях:

$$10x_1 + 15x_2 \leq 720 \cdot 0,4 \quad (\text{ціль 1})$$

$$x_1 + x_2 \geq 50 \quad (\text{ціль 2}) \quad (4)$$

$$x_2 \geq 30 \quad (\text{ціль 3})$$

$20x_1 + 30x_2 \leq 720$ (загальний обсяг часу підготовку продукції для доставки, в тому числі й друк)

Використання «Пошуку рішення» в MS Excel для розв'язку цієї задачі призведе до появи на екрані запису «В ході пошуку не вдалось знайти шуканого рішення», так як не всі цілі є фактично досягнутими в нашому умовному прикладі. Якщо перевірити результати досягнення цілей в моделі (4), то очевидно що ціль 2 є не досягнутою.

Крок 2. Цільове програмування з пріоритетними цілями.

Повертаючись до пріоритетів підприємства, сформулюємо його цілі і введемо відповідні відхилення при досягненні кожної цілі:

- Мета 1. Витратити не більше 40% часу на друк товарів (з відповідними відхиленнями d_{-2}, d_{+2});

- Мета 2. Підготувати для доставки щонайменше 50 одиниць товарів обох видів на день (з відповідними відхиленнями d_{-1}, d_{+1});

- Мета 3. Підготувати для доставки щонайменше 30 одиниць товару другого виду на день (з відповідними відхиленнями d_{-3}, d_{+3}).

Сформулюємо дану задачу як задачу лінійного програмування. Нехай x_1, x_2 кількість товарів надрукованих 3D-принтером та підготовлених до доставки за день. За цільову функцію Z візьмемо мінімальну суму відповідних відхилень:

$$Z = \sum_{i=1}^n (d_{-i} + d_{+i}) / t_i \rightarrow \min$$

при наступних обмеженнях:

$$10x_1 + 15x_2 + d_{-1} - d_{+1} \leq 720 * 0,4$$

(мета 1 обмежена кількістю часу на друк товарів $t_1 = 720 * 0,4 = 288$);

$x_1 + x_2 + d_{-2} - d_{+2} \geq 50$ (мета 2 обмежена кількістю товарів, які підприємство зазвичай підготовлює за робочий день $t_2 = 100$);

$x_2 + d_{-3} - d_{+3} \geq 30$ (мета 3 обмежена кількістю товару другого виду, яку необхідно обробити, $t_3 = 30$);

$20x_1 + 30x_2 = 720$ (обмеження по загальному часу на друк і підготовку продукції для доставки);

всі змінні ≥ 0 , а також є цілими (в т.ч. всі x_i, d_i мають бути додатними);

$d_{+1} = 0$ (необхідно впевнитись, що мета 1 буде обов'язково досягнуто).

Отже, отримуємо типову задачу цільового програмування. Вона є подібною до попередньої моделі (1), окрім наступного:

- введено нові змінні d_{-i}, d_{+i} , які показують міру досягнення або недосягнення відповідної мети. Відхилення d_{-i}, d_{+i} відповідають заданим обмеженням t_i ;

- для того, щоб впевнитись, що найбільш пріоритетна мета є досягнутою, введено додаткове обмеження, яке встановлюється шляхом прирівнювання d_{+1} до 0, так як відповідне значення t_1 не може бути більше за 288 хв;

- цільова функція встановлюється на мінімум суми відповідних відхилень d_{-i}, d_{+i} поділених на задані обмеження t_i .

Результати розв'язку даної задачі засобами MS Excel представлено на рис.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2					Початкова інформація подана в клітинках, що зафарбовані				
3					Час виділений підприємством на підготовку продукції для доставки (хв.)	720	570		
4									
5					Показник	Товар1	Товар2		
6					Загальні витрати часу на підготовку продукції для доставки:	20	30		
7					- в тому числі витрати часу на друк продукції за допомогою 3D-принтера	10	15		
8									
9									
10									
11					Кількість підготовленої продукції для доставки (шт.), x1, x2	0	19		
12									
13					Досягнення цілей	Недосягнуто	Перевищено		
14						d-1	d+1	Ціль	Фактично
15					1 Кількість часу на друк (хв.)	0	0	288	285
16					2 Загальна кількість підготовлених товарів (шт.)	31	0	50	50
17					3 Кількість підготовленого Товару2 (шт.)	11	0	30	30
18									
19						d-1/ti	d+1/ti		
20					1 Кількість часу на друк (хв.)	0,0%	0,0%		
21					2 Загальна кількість підготовлених товарів (шт.)	62,0%	0,0%		
22					3 Кількість підготовленого Товару2 (шт.)	36,7%	0,0%		
23									
24					Ціль: Мінімізувати суму відповідних відхилень поділених на ti =			98,67%	

Рис.3. Модель досягнення цілей підприємства малого бізнесу*

* Побудовано авторами

Отримані результати свідчать, що мінімальні відхилення від встановлених цілей складають 98,76%, а загальна кількість роздрукованих і підготовлених до доставки товарів знизиться до 19 шт., що набагато менше за обсяги підготовлених для доставки товарів без застосування 3D-принтера.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі розглянуто дві ситуації у сфері логістики малого бізнесу: за існуючого (без використання 3D-принтера) виробництва та реалізації готової продукції та за умов використання 3D-принтера для виготовлення продукції. Для першої ситуації малого бізнесу сформульована відповідна задача та наведено її вирішення за допомогою лінійного програмування. Для другої ситуації сформульовано задачу, в якій з'ясовується вплив використання 3D-принтерів на кінцевий результат діяльності підприємств малого бізнесу. З метою мінімізації витрат часу на виробництво та підготовку продукції для доставки розроблено відповідну математичну модель багатоцільової оптимізації логістичних процесів підприємства малого бізнесу. Описано кроки розв'язку задачі з використанням інструментарію цільового програмування.

Використання інноваційних засобів виробництва (наприклад, 3D-принтерів) дозволяє більшою мірою задовольнити потреби споживачів на відміну від серійного промислового виробництва, проте їх впровадження у виробництво може вплинути на фінансові результати роботи підприємства. З одного боку, використання 3D-принтерів призводить до значного зменшення витрат на закупку та зберігання готової продукції, але з іншого боку, за рахунок збільшення часу на друк та обробку замовлень, суттєво зменшуються обсяги продажу на день, а отже і прибуток підприємства. Так, відповідно до встановлених умов розглянутого прикладу обсяги оброблення замовлень скоротяться на 62%, що значно вплине на прибуток підприємства. Вирішити цю проблему можна, наприклад за рахунок використання більшої кількості 3D-принтерів, проте тут потрібно зважати на досить високу їх вартість.

В подальших дослідженнях вбачаємо за доцільне дослідити різні аспекти використання цільового програмування для вирішення задач багатоцільової оптимізації малого (середнього, великого) бізнесу, зокрема, в частині формулювання цілей, встановлення відношень між ними тощо.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балабанова Л.В. Логістика: підручник / Л.В. Балабанова, А. М. Германчук. – Львів: Видавництво ПП «Магнолія 2006», 2013. – 368с.
2. Бакута А. Теоретичні основи логістики: минуле та сьогодення [Електронний ресурс] / А. Бакута // Схід. - 2012. - № 4. - С. 3-9. – Режим доступу до статті: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/Soc_Gum/Skhid/2012_4/3.pdf
3. Тараненко Ю. В. Економічна сутність та значення логістики для діяльності підприємства [Електронний ресурс] / Ю. В. Тараненко // Економіка та держава. - 2015. - № 5. - С. 131-135. – Режим доступу до статті: http://www.economy.in.ua/pdf/5_2015/30.pdf
4. Плетнева Н.Г. Теория и методология управления логистическими системами в условиях неопределенности: автореф. дис. на соискание ученой степени доктора экон. наук: спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: логистика» / Н.Г.Плетнева. — Санкт-Петербург, 2008. — 37с.
5. Гришилов А.А. Математические методы принятия решений: учеб. пособие / А.А. Гришилов . – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014. – 647, [1] с.: ил.
6. Бідюк П. І. Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / П. І. Бідюк, О. П. Гожий, Л. О. Коршевнок; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т", Чорномор. держ. ун-т ім. Петра Могили. - Николаїв. - К., 2012. - 379 с.
7. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ./ Р.Л. Кини, Х. Райфа, под ред. И. Ф. Шахнова. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с., ил.
8. Марченко И.В. Тема 8. Многокритериальная оптимизация [Електронний ресурс] / И.В. Марченко // Электронное учебное пособие (ЭУП) по дисциплине «Экономико-математические методы» (лекции) . – Режим доступу: http://eos.ibi.spb.ru/umk/4_4/5/print/5_R1_T8.pdf
9. Марченко И.В. Тема 8. Многокритериальная оптимизация [Електронний ресурс] / И.В. Марченко // Электронное учебное пособие (ЭУП) по дисциплине «Экономико-математические методы» (практикум) . – Режим доступу: http://eos.ibi.spb.ru/umk/4_4/15/print/15_P1_R1_T8.pdf
10. Что можно напечатать на 3d принтере для продаж в малом бизнесе [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <http://businessideas.com.ua/business-ideas/pechatat-na-3D-printere>
11. Матроскина К. Amazon планирует печатать вашу покупку на 3D принтере по дороге к вам [Електронний ресурс] / К. Матроскина // Сайт vido.com.ua. - 27.02.2015. - Режим доступу до статті: <http://vido.com.ua/article/11311/amazon-planiruiet-piechatat-vashu-pokupku-na-3d-printerie-po-doroghe-k-vam/>

REFERENCES

1. Balabanova, L.V., Hermanchuk, A. M. (2006) Lohistyka: pidruchnyk [Logistics: textbook]. Lviv: Vydavnytstvo PP «Mahnoliia 2006», 368p.
2. Bakuta, A. (2012) Teoretychni osnovy lohistyky: mynule ta sohodennia [The theoretic basis of logistics: the past and the present]. Skhid, Vol. 4, pp. 3-9. [Electronic resource]. – Access: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Soc_Gum/Skhid/2012_4/3.pdf
3. Taranenko, Yu. V. (2015) Ekonomichna sutnist ta znachennia lohistyky dlia diialnosti pidpriemstva [Economic essence and importance logistics for enterprises]. Ekonomika ta derzhava. Vol. 5, pp. 131-135. [Electronic resource]. – Access: http://www.economy.in.ua/pdf/5_2015/30.pdf
4. Pletneva, N.H. (2008) Teoriia i metodolohiia upravleniia lohystycheskimi sistemami v usloviakh neopredelennosti [Theory and methodology of management of logistics systems under uncertainty]: avtoref. dis. na soiskanie uchenoi stepeni doktora ekon. nauk. Sankt-Peterburh, 37p.
5. Grishilov A.A. (2014) Matematicheskie metody priniatiya resheniy: ucheb. posobie [Mathematical methods of decision-making: textbook]. M.: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana, 647p.
6. Bidiuk, P. I., Hozhyi, O. P., Korsheviuk, L. O. (2012) Kompiuterni systemy pidtrymky pryiniattia rishen: navch. posib. [Computer decision support systems: textbook]. Nats. tekhn. un-t Ukrainy "Kyiv. politekhn. in-t", Chornomor. derzh. un-t im. Petra Mohyly, Mykolaiv, 379 p.
7. Keeney, R.L., Raiffa H. (1981) Priniatie resheniy pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya: per. s angl., pod red. Y. F. Shakhnova. [Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs]. M.: Radio i sviaz, 560p.
8. Marchenko Y.V. Tema 8. Mnogokriterialnaya optimizatsiya. [Theme 8. Multi-criteria optimization]. Elektronnoe uchebnoe posobie po distsipline «Ekonomiko-matamaticheskie metodi» (lektsii). [Electronic resource]. – Access: http://eos.ibi.spb.ru/umk/4_4/5/print/5_R1_T8.pdf
9. Marchenko Y.V. Tema 8. Mnogokriterialnaya optimizatsiya. [Theme 8. Multi-criteria optimization]. Elektronnoe uchebnoe posobie po distsipline «Ekonomiko-matamaticheskie metodi» (praktikum). [Electronic resource]. – Access: http://eos.ibi.spb.ru/umk/4_4/15/print/15_P1_R1_T8.pdf
10. Chto možno napechatat na 3d printere dlya prodazh v malom biznese [What can be printed on sales 3d printer for small businesses]. [Electronic resource]. – Access: <http://businessideas.com.ua/business-ideas/pechatat-na-3D-printere>
11. Matroskina K. (2015) Amazon planiruet pechatat vashi pokupki na 3D printere po doroge k vam [Amazon is planning to print your purchase on a 3D printer on the way to you]. [Electronic resource]. – Access: <http://vido.com.ua/article/11311/amazon-planiruiet-pechatat-vashu-pokupku-na-3d-printerie-po-doroghe-k-vam/>

Одержано 11.07.2016 р.