

УДК 681.5

А.О.Федусенко

Київський національний університет будівництва і архітектури

РОЗРОБКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯ У БУДІВНИЦТВІ

В статті розглянута проблема побудови багатокритеріальної математичної оптимізаційної моделі оперативного управління логістикою вантажоперевезення. Запропонована модель дозволяє максимізувати обсяги перевезення матеріалів, оптимізувати розподіл матеріалів по вантажним автомобілям та визначити оптимальний графік поставок на динамічній транспортній мережі.

Ключові слова: Динамічна транспортна мережа, багатокритеріальна оптимізація, логістика.

Постановка проблеми та аналіз досліджень

За останні роки на будівельному ринку України з'явилося досить багато забудовників, що загостило конкурентну боротьбу і змусила учасників даного ринку шукати нові конкурентні переваги. Однією з таких переваг є зниження фінансових втрат від неефективного управління логістикою вантажоперевезень. При цьому слід враховувати, що частка транспортних витрат у формуванні ціни на будівельну продукцію сягає, під час, 50% [1].

Теоретико-методологічні основи застосування логістики до будівництва ґрунтуються на трудах таких вчених, як В.П.Алферєєв, Н.В.Афанасьєва, А.М.Гаджінській, М.Е.Залманова, К.Е.Інютіна, Л.А.Мяснікова, Д.Т.Новіков, О.А.Новіков, Б.К.Плоткін, О.Д.Проценко, В.М.Пурлик, А.Н.Родников, А.И.Семененко, В.И.Сергеєв, Р.Г.Соколов, С.А.Уваров, В.В.Щербаков та інші, які внесли великий вклад в розробку різних аспектів логістики як в науки. Крім того необхідно відмітити роботи по логістиці будівництва. Е.К.Івакіна, В.Н.Стаханова, Жаваронкова Е.В., Митнікіна Н.П., Зеленцова Л.Б. та інших. Але досить багато питань застосування положень логістики в будівництві є маловивченими, або зовсім не розглядалися.

Таким чином, можна сказати, що розробка багатокритеріальної моделі оперативного управління логістикою вантажоперевезень у будівництві є досить актуальною, а подальше впровадження такої моделі дозволить підвищити ефективність управління процесом будівництва.

Метою роботи є підвищення ефективності оперативного управління логістикою вантажоперевезень у будівництві за допомогою розробки багатокритеріальної моделі оперативного управління логістикою вантажоперевезень.

Основний матеріал дослідження

Формування математичної моделі

Розглянемо задачу оптимізації оперативного управління логістикою вантажоперевезення у будівництві. У загальному вигляді задача буде формуватися наступним чином.

Для заданої множини об'єктів будівництва, які мають певну потребу у матеріалах на даний відрізок часу за допомогою деякої множини ресурсів (у даному випадку вантажівок) необхідно розподілити вантажі по автівкам та побудувати розпис перевезення з одного вузла динамічної транспортної мережі (складу) до іншого (певного об'єкта будівництва), так щоб при певних властивостях вантажів, дуг, ресурсів оптимізувати задану міру ефективності. При цьому дуги транспортної мережі можуть бути орієнтовані як в одному так і в деяких напрямках.

Основними властивостями об'єктів будівництва є:

- Потреба у матеріалах, тобто якій матеріал, у якій кількості потрібен на даний такт планування;

- Пріоритет об'єкту будівництва на даний такт планування, тобто наскільки важливим є даний об'єкт;

- Час доставки матеріалу на даний об'єкт.

Основними властивостями вантажних автомобілів є:

- Вантажопідйомність;

- Розхід бензину на 100 км;

- Швидкість автомобіля;

- Можливість перевезення певного матеріалу.

Основними характеристиками вузла є:

- Тип вузла. Вузли можуть бути декількох типів, а саме: Склад, Об'єкт будівництва, проміжний вузол;

- Кількість вантажних автомобілів у даному вузлі на певний час.

Основними властивостями транспортної дуги динамічної мережі є:

- Довжина дуги;
- Тип покриття;
- Пропускна здатність, тобто максимальна вага який може пройти по даній дорозі;
- Імовірність зміни часу шляху в гіршу сторону;
- Час в дорозі.

Загальна проблема оперативного управління логістикою вантажоперевезень полягає в розподілі вантажів між автомобілями та доставкою вантажів таким чином, що б забезпечити оптимальну перевезення всієї множини вантажів з урахуванням пріоритетів кожного з об'єктів будівництва. З цією проблемою пов'язана інша задача, а саме розробка динамічної транспортної мережі таким чином, щоб мінімізувати час її об'їзду.

Проведемо декомпозицію поставленої задачі, її можна розбити на наступні задачі:

1. Необхідно максимізувати обсяг матеріалів, які будуть перевезені на об'єкти, що будуються у даний такт планування, з урахуванням пріоритетів кожного з об'єктів.

2. Необхідно розподілити матеріали для кожного з об'єктів будівництва по вантажним машинам, які мають певний обсяг перевезення кожного з матеріалів. При цьому потрібно враховувати пріоритет кожного з об'єктів.

3. Потрібно визначити оптимальний графік поставок на динамічної транспортній мережі для кожного такту планування, такий що час доставки кожного вантажу мінімальний.

Таким чином, дана модель буде мати три цільові функції і обмеження для кожної з задач. Сформуємо загальну багатокритеріальну модель.

Нехай:

$T = \{1, 2, \dots, m_1\}$ – множина тактів планування

$O = \{1, 2, \dots, k_1\}$ – множина об'єктів будівництва

$M = \{1, 2, \dots, n_1\}$ – множина матеріалів

$A = \{1, 2, \dots, m\}$ – множина вантажних машин

$T_u = \{1, 2, \dots, m_2\}$ – множина типів вантажівок, при цьому $m_2 \leq m$

Для першої задачі основними параметрами є:

M_{tkb} – обсяг t -го матеріалу, який необхідний для k -го об'єкту будівництва у b -й такт планування.

$W(t)_{kb}$ пріоритет k -го об'єкту будівництва у b -й такт планування.

Пріоритет перевезення $W(t)$ обернено пропорційний залишку нормативного інтервалу доставки $(T_d - t)$. Де T_d – нормативний інтервал, у який потрібно доставити вантаж на об'єкт. Тобто чим ближче термін доставки, тим вищий пріоритет. Пріоритет перевезення $W(t)$ прямо пропорційний витратам $Z(t)$, які понесе підприємство, якщо вантаж не буде доставлено

$$W(t) = Z(t) / (T_d - t)$$

Отриману залежність будемо називати функцією терміновості перевезення (ФСП). [2].

Z_{tkb} – фактичний обсяг, t -го матеріалу, який буде доставлено для k -го об'єкту будівництва у b -й такт планування.

Z_{sb} – наявний обсяг t -го матеріалу у b -й такт планування.

Визначимо параметри для другої задачі:

$G = \|g_{st}\|$ – вантажопідйомність s -того автомобілю для t -го матеріалу. Якщо даний матеріал, не можливо перевезти за допомогою даного автомобіля, то $g_{st} = 0$.

M_s – маса s -го автомобілю без вантажу.

Варіюваний параметр:

$$y_{stkb} = \begin{cases} 1 & \text{якщо } s \text{ – тий автомобіль перевозить} \\ & t \text{ – й матеріал для } k \text{ – го об'єкту у } b \text{ – й такт} \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}$$

Визначимо параметри для третьої задачі:

$U = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина вузлів транспортної мережі.

$L = \|l_{ij}\|$ – довжина дуги між вузлами i та j , якщо вузли не з'єднані дугою то $l_{ij} = 0$

$Tr = \|tr_{ij}\|$ – тип покриття дуги між вузлами i та j , якщо вузли не з'єднані дугою то $tr_{ij} = 0$

$P = \|p_{ij}\|$ – пропускна здатність дуги між вузлами i та j , якщо вузли не з'єднані дугою то $p_{ij} = 0$

$F = \|f_{ij}\|$ – імовірність зміни часу проїзду по дузі між вузлами i та j , якщо вузли не з'єднані дугою то

$f_{ij} = 0$

варійовані параметри

$$x_{skbij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } s - \text{ тий автомобіль перевозить } r - \text{ й матеріал} \\ \text{ для } k - \text{ го об'єкту у } b - \text{ й такт на дузі } ij \\ 0, \text{ інакше} \end{cases}$$

Час проїзду дуги ij s - тим вантажним автомобілем який перевозить r -й матеріал для k -го об'єкту, в b -й такт планування буде розраховуватися за формулою

$$t_{skbij} = \begin{cases} \frac{l_{ij}}{V_{sk} + dv_{ijsrkb}(tp_{ij})} & \text{якщо збільшення часу у дорозі не відбулося} \\ \frac{l_{ij}}{V_{sk} + dv_{ijsrkb}(tp_{ij})} + \Delta t & \text{якщо збільшення часу у дорозі відбулося} \end{cases}$$

де

Δt - величина збільшення часу шляху

$dv_{ijsrkb}(tp_{ij})$ - зміна швидкості руху s -го автомобіля з r -тим матеріалом по дузі ij залежно від типу покриття даної дуги, для k - го об'єкту будівництва в b -й такт планування. Збільшення часу у дорозі відбувається залежно від імовірності f_{ij} .

Цільові функції будуть мати наступний вигляд:

$$\sum_{r=1}^{n1} \sum_{k=1}^{k1} \sum_{b=1}^{m1} W(t)_{kb} Z_{rkb} \rightarrow \max$$

$$\sum_{s=1}^m \sum_{r=1}^{k1} \sum_{k=1}^{m1} \sum_{b=1}^n W(t)_{kb} y_{srkb} \rightarrow \max$$

$$\sum_{s=1}^m \sum_{k=1}^{k1} \sum_{b=1}^{m1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{skbij} x_{skbij} \rightarrow \min$$

Обмеження для першої задачі:

Де яки потреби матеріалів повинні буди обов'язково виконані у повному обсязі. Тому необхідно задати граничне значення функції корисності W_r при перевищенні, якого потреби у матеріалах даного об'єкту необхідно виконувати у повному обсязі. Таким чином обмеження можна задати за допомогою наступного твердження:

Для усіх $M_{t_{rkb}}$, якщо $W(t)_{kb} \geq W_r$ то $Z_{rkb} = M_{t_{rkb}}$ інакше $Z_{rkb} \leq M_{t_{rkb}}$

Запишемо це твердження за допомогою логіки предикатів.

$$\forall M_{t_{rkb}} \{ W(t)_{rkb} \geq W_r \supset Z_{rkb} = M_{t_{rkb}} \vee W(t)_{rkb} < W_r \supset Z_{rkb} \leq M_{t_{rkb}} \}$$

При цьому сукупний обсяг r -го матеріалу не повинен перевищувати наявний на складі, таким чином для кожного з матеріалів ми будемо мати наступне обмеження:

$$\sum_{k=1}^{k1} \sum_{b=1}^{m1} Z_{rkb} \leq Z_{sr}$$

Кількість таких обмежень буде дорівнювати кількості матеріалів.

Обмеження для другої задачі:

Якщо $g_{sr} > 0$, то для кожного $s=1..m$ та $r=1..n1$

$$\sum_{r=1}^{n1} \sum_{k=1}^{k1} \sum_{b=1}^{m1} Z_{rkb} y_{srkb} \leq g_{sr}$$

$$\sum_{r=1}^{n1} \sum_{k=1}^{k1} \sum_{b=1}^{m1} y_{srkb} = 1 \text{ для усіх } r = 1..n1$$

Обмеження для третьої задачі:

Маса автомобілів знаходяться на дузі в даний такт часу не повинна перевищувати пропускну здатність даної дуги:

$$\sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (M_s + g_{sr}) * x_{skbij} \leq p_{ij}$$

$$x \in \{0,1\},$$

$$t_{ijskb} \geq 0$$

Загальна модель вирішення задачі

Розглянемо загальну модель оперативного управління логістикою вантажоперевезень за допомогою запропонованої у попередніх розділах нелінійної багатокритеріальної моделі оптимізації на кожному такті планування b . При цьому за такт планування приймемо період часу – 1 день. Таким чином задача зводиться до щоденного формування плану перевезень матеріалів на об'єкти будівництва, відповідно до заявок на матеріали, що надійшли за день, на наступний день. Узагальнений алгоритм роботи буде наступний:

Крок 1. Визначення функції терміновості перевезення, тобто пріоритету об'єкту будівництва. Пріоритети визначаються як функція терміновості перевезення [2]. Крім того на цьому кроці визначається граничне значення функції корисності W_T при перевищенні, якого потреби у матеріалах даного об'єкту необхідно виконувати у повному обсязі.

Крок 2. Визначення обсягів перевезення матеріалів для кожного з об'єктів будівництва в залежності від пріоритету. Після чого необхідно провести сортування отриманих результатів. Таким чином обсяги матеріалів, які необхідно перевозити будуть відсортовані в залежності від важливості об'єкту будівництва на даний такт планування. Для сортування можна використовувати будь-який з відомих методів сортування, наприклад, метод сортування вибором[3].

Крок 3. Для кожного з замовлень на матеріали для певного об'єкту будівництва визначаються вантажні автомобілі, які будуть перевозити даний матеріал. При цьому враховуються вантажопідйомність автомобілю та можливість перевезення ним даного матеріалу. Тобто вирішуються задача комплектації вантажних автомобілів матеріалами.

Крок 4. Визначається оптимальний маршрут перевезення матеріалу на об'єкт будівництва, при цьому враховується пропускна здатність дуги та імовірність затримки у дорозі. Якщо пропускна здатність дуги падає до 0, то вона виходить з транспортної мережі, до тих пір поки пропускна здатність не збільшиться.

Загальна схема вирішення задачі наведена на рис. 1.

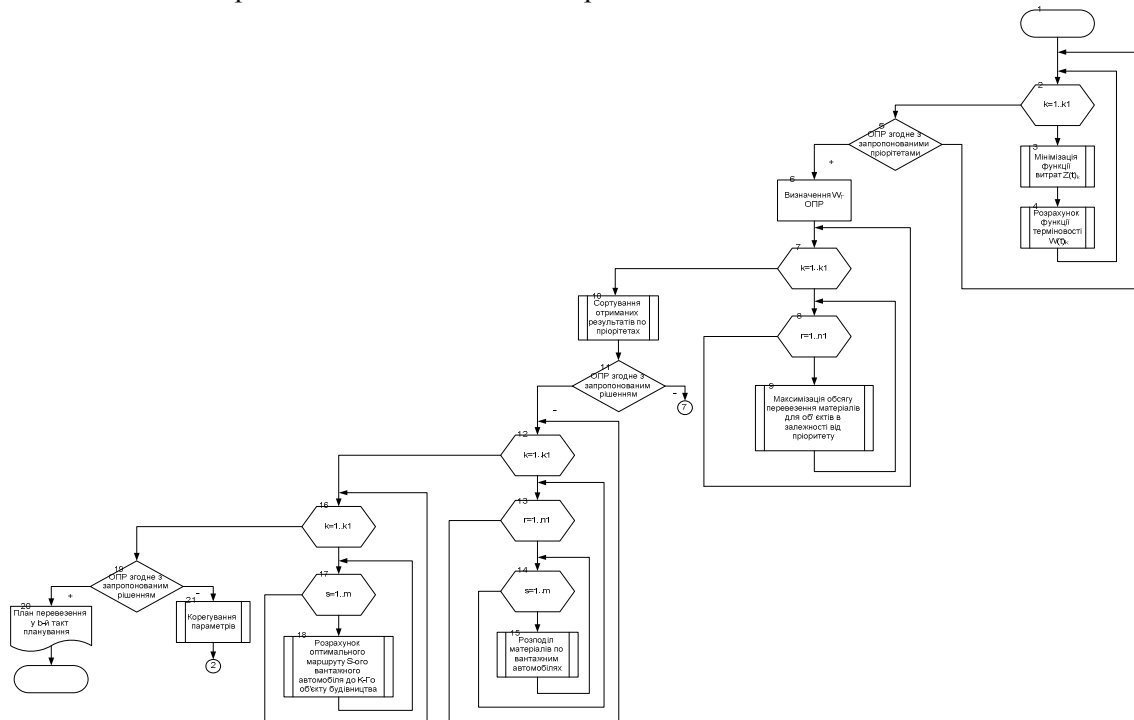


Рис..1 Загальна схема вирішення задачі

Висновки

Використання запропонованої багатокритеріальної математичної моделі оптимізації оперативного управління логістикою вантажоперевезень дозволить підвищити ефективність управлінням будівництвом в цілому за рахунок максимізації обсягів перевезення матеріалів на об'єкти будівництва, оптимізації розподілу матеріалів по вантажним автомобілям та вирішення задачі маршрутизації для кожного з

автомобілів. В подальшому запропоновану модель можна буде реалізувати у вигляді інформаційної системи оперативного управління логістикою вантажоперевезення у будівництві.

1. Задоров В.Б., Федусенко О.В., Федусенко А.О. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації До планування вантажних перевезень// Управління розвитком складних систем. – 2010. – Вип. 2. С. – 23 – 27.
2. Мешкова Л. Л., Белоус И. И., Фролов Н. М. Логистика в сфере материальных услуг (На примере снабженческо-заготовительных и транспортных услуг). 2-е изд. испр. и перераб. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. - 188 с.
3. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на С++. Алгоритмы на графах. - СПб:ООО «ДиасофтЮП», 2002.-496с.