

УДК 625.72:656.11

Г.В.Альошин, А.І.Левтеров, А.М.Ярута

Українська державна академія залізничного транспорту

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Харківський автотранспортний технікум ім. С.Оржонікідзе

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ ЗА УМОВНИМ КРИТЕРІЄМ НАДІЙНОСТІ

Подано новий метод математичного програмування, що має значні переваги при оптимізації автоматизованої системи управління дорожнім рухом за умовним критерієм надійності.

Ключові слова: *дорожній рух, система управління, оптимізація.*

Вступ. Відомі методи вдосконалення системи управління рухом в мегаполісах [1] використовують або центральне регулювання руху на міських магістралях за типом «зеленої хвилі» (АСУДР мегаполіса Санкт-Петербурга «Мегаполіс»), або оптимальну маршрутизацію незалежних транспортних засобів (ТЗ) з використанням системи GPS (модель навігатора Street Pilot і3). Компромісне використання корисних властивостей цих методів дозволяє досягти нової якості динамічного керування ТЗ, яке дозволяє всім ТЗ, які отримали послідовно оптимальні маршрути, огинати на транспортній мережі пробки і затори в години пік. Тому необхідна оптимізація цієї системи за своїми показниками якості. Головною перепоною для задачі оптимізації АСУДР мегаполісів є її багаторозмірність.

Огляд літератури не виявив подібних робіт.

Показники якості АСУДР. Багатомірна якість функціонування автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСУДР) мегаполіса [1] повинна задовольняти таким тактико-технічним вимогам:

- надійність АСУДР (безвідказність);
- оперативність – час отримання та виконання наказу про оптимальний маршрут;
- точність передачі даних;
- вартість.

Згідно з принципами У.Окама та Декарта [2] складність постановки та рішення задачі можна усунути багатоетапним методом її розв'язання: за малим числом показників з подальшим їх додаванням.

Задачу можна спростити, якщо вирішувати її за заданими (фіксованими) вимогами до оперативності та точності. При цьому треба знайти максимум надійності АСУДР при заданій вартості, чи при зворотній постановці - мінімум вартості за заданою надійністю. У подальшому задачу слід вирішувати, змінюючи оперативність та точність передачі даних.

Будемо вважати повним відказ будь-якого функціонального елемента АСУДР, оскільки це відказ елементів в вузьких місцях дорожньої мережі мегаполісу, що призводить до розповсюдження з часом заторів та пробок.

Постанова задачі. У якості цільової функції задачі на умовний екстремум можна взяти відомий показник надійності – ймовірність відказу АСУДР та її елементів як функцію від текучого часу та часу нароблень на один відказ T_i .

$$p_o = \prod_{i=1}^n p_i(t, T) = \exp\left[-t\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i}\right)\right], \quad (1)$$

де $p_i(t, T_i) = \exp\left(-\frac{t}{T_i}\right)$ – ймовірність безвідмовної роботи і-го функціонального елемента АСУДР.

Вартість АСУДР складається з вартостей її функціональних елементів: обчислювального центру, або центрального комп'ютера, детекторів системи моніторингу АСУДР, стаціонарної системи одностороннього зв'язку при детекторі, рухомої системи зв'язку передачі даних водіїв з центральним комп'ютером.

Залежність вартості функціональних елементів від часу нароблення на один відказ може бути випадковою величиною. Тому визначатись вона може або знаходженням кореляційних зв'язків, або у загальному випадку знаходженням ліній середньоквадратичних регресій вартості C_i на параметр T_i .

$$C = \sum_{i=1}^n C_i(T_i). \quad (2)$$

Задачу оптимізації АСУРД за умовним критерієм надійності можна сформулювати таким чином:

$$\max p_o = \max \left\{ \exp \left[-t \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \right) \right] \right\} = \exp \left[-t \left(\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \right) \right] \quad (3)$$

при

$$C = \sum_{i=1}^n C_i(T_i). \quad (4)$$

Класичне рішення такої задачі нелінійного програмування для мегаполісів, де велике число функціональних елементів, має такі труднощі:

- багаторозмірність задачі: «прокляття багатомірності», що ускладнює розв'язання задачі;
- задача на умовний екстремум ускладнює розв'язання задачі, тому що для розв'язання задачі використовується метод множників Лагранжа;
- довільний вид ліній середньоквадратичної регресії вартості на параметр T також ускладнює її розв'язання, тому що для будь-якого іншого виду залежностей показників потрібне своє окреме рішення, що непридатне для загального розв'язання задачі;
- можлива багатомодальність рішення;
- потрібна умова Слейтера [3], незалежність показників за Вронським [3].

Відомий алгоритм загального розв'язання задач даного типу – це метод Вульфа, коли цільова функція та обмеження лінеарізуються в околиці начального вектору параметрів, а потім задача розв'язується як задача лінійного програмування. Знайдений оптимальний для даного етапу вектор параметрів на другому етапі використовується у якості начального вектору.

Метод Вульфа [3] має такі:

- залишається багаторозмірність задачі;
- присутні усі недоліки задач лінійного програмування: повільна зходимість результату, потрібне, наприклад, обернення матриць і так ін.
- числове рішення, що не дає змоги швидкого системного аналізу оптимуму та оптимального рішення.

Тому пропонується новий метод розв'язання задач такого типу, який не має згаданих недоліків.

1. Лінеарізуються тільки обмеження за вартістю навколо будь-яких параметрів або параметрів, що найближче до існуючих. Тому що ці обмеження і без того мають обмежену точність. До того ж при лінеарізації вони приймають один і той же стандартний вигляд.

2. Отриману задачу тепер можна розв'язати в аналітичному вигляді, що не залежить від розмірності задачі.

3. Тепер, якщо лінії середньоквадратичної регресії і були лінійними, то розв'язання задачі вже отримана, причому, у аналітичному вигляді, чого не дають інші методи нелінійного програмування.

4. Якщо лінії середньоквадратичної регресії нелінійні, то після першого етапу розв'язання задачі потрібно лінеаризувати обмеження, але вже в околиці оптимальних на даному етапі параметрів.

5. Отримані формули для розв'язки є ітераційними.

6. Для прискорення процесу ітерації можна використати другу похідну ліній середньоквадратичної регресії.

7. Правилком зупинки ітераційного процесу за параметром може служити різниця двох послідовних результатів ітерацій.

Розв'язання задачі. Виходячі з викладеного, задачу (3,4) можна представити у вигляді

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \quad (5)$$

При
$$\sum_{i=1}^n C'_i T_i = C_E, \quad (6)$$

де $C_E = C - \sum_{i=1}^n [C_i(T_{i0}) + C'_i(T_{i0})T_{i0}]$, T_{i0} - i -й елемент вектора параметрів, коло значення якого здійснюється лінеаризація обмежень.

Функція Лагранжу має вигляд

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} + \lambda (C_E - \sum_{i=1}^n C'_i T_i).$$

Тоді з умови $\frac{\partial L}{\partial T_i} = 0$ отримуємо

$$T_{i(1)} = \frac{1}{\sqrt{\lambda C'_i(T_{i0})}}. \quad (7)$$

Підставимо отримане значення параметру (7) в обмеження (6) и отримаємо оптимальну для даного етапу розв'язання

$$T_{i(1)opt} = \frac{1}{\sqrt{C'_i(T_{i0})}} \frac{C_E(T_{i(o)opt})}{\sum_{k=1}^n \sqrt{C'_k(T_{i(o)opt})}}. \quad (8)$$

Якщо $|T_{i(1)opt} - T_{i(0)opt}| \leq M = \sqrt{\frac{C_E(T_{i(o)opt})}{C''_{i(0)}(T_{i(o)opt})}}$, то в формулу (8) підставляється значення параметра T_{i0} . І процес ітерації продовжується. Якщо ні, то

$$T_{i(1)opt} = T_{i(0)opt} \pm M. \quad (9)$$

Процес продовжується до вказаної зупинки.

Вираз для оптимуму має вигляд в околиці оптимального рішення

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{iopt}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sqrt{C'_i} \right)^2}{C_E}. \quad (10)$$

Жоден метод математичного програмування такого (аналітичного) результату не дає. Для них ще потрібен системний аналіз результату.

Висновки.

Таким чином, поданий метод оптимізації АСУДР має наступні переваги над існуючими методами.

1. Універсальність програми оптимізації для довільних обмежень.
2. Багаторозмірність практично не впливає, що важливо для великих мегаполісів.
3. Ітеративний процес швидко зходиться, тому що спрацьовує нелінійність цільової функції.
4. Результат отримується в аналітичному вигляді, що дуже корисно для системного аналізу оптимуму та оптимального рішення.
5. Аналітичний вигляд результату дозволяє навіть пред'явити потрібні вимоги для виробництва функціональних елементів АСУДР.

1. Ярута А.Н. Проблеми створення централізованої автоматизованої системи управління рухом у мегаполісах. /А.Н.Ярута //Інформаційно-керуючі системи на ж.д. тр./:наук.-техн.журнал. – 2011. – №6. – С. 60 – 66.
2. Альошин Г.В.Оцінка якості інформаційно-вимірювальних систем. /Г.В. Альошин –Х.: УкрДАЗТ. – 2009. – С. 294
УкрДАЗТ. - Харків, 2009.- 294 с.
3. Зуховицкий С.И. //Линейное и выпуклое программирование//С.И.Зуховицкий, Л.И. Авдеева. – М.: Наука, 1967. – С. 254