

«Розробка методів оптимального керування потоками в мережах із застосуванням теорії диференціальних ігор».

«Разработка методов оптимального управления потоками в сетях с использованием теории дифференциальных игр»

“Development of optimal control methods by flows in networks with using the theory of differential games”

1. Номер державної реєстрації : 0108U001099.

2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання).

Остапенко Валентин Володимирович, професор, док.фіз.-мат.наук
Остапенко Валентин Владимирович, профессор, док.фіз.-мат.наук
Ostapenko Valentin, prof., PhDD

3. Суть розробки, основні

Розроблено нові методи керування динамічними та статичними потоками у мережах, які ґрунтуються на застосуванні теорії диференціальних ігор та методів оптимізації. Побудовано ефективні методи розв'язування задачі утримання для широких класів лінійних ігор. Введено поняття інваріантних множин для лінійних диференціальних та різницевих ігор утримання, і побудовано мінімальні та максимальні інваріантні множини, з будь-якої точки яких можливий розв'язок задачі утримання в умовах невизначеності. Динаміку описано лінійними рівняннями для дискретного та неперервного випадків.

Проведено дослідження потоків у мережах з узагальненим законом Кірхгофа. Розглянуто стаціонарні та динамічні потоки. У рамках сформульованих моделей розв'язуються такі важливі прикладні задачі як керування транспортом води в зрошувальних системах або газу в магістральних трубопроводах.

Розроблено нові ефективні методи знаходження оптимальних потоків на основі зміни структури графу шляхом заміни циклу в графі зірковим підграфом.

Ефективність запропонованого підходу забезпечується за рахунок зменшення кількості обчислень, коли замість невідомих потоків варіюються параметричні змінні, кількість яких дорівнює кількості замкнених циклів мережі. Наприклад, загальна довжина газопроводів України складає 35,6 тисяч км (більше 200 ділянок), у той же час українська газотранспортна система містить лише 6 замкнених циклів.

Додаткове підвищення ефективності поточкорозподілення у запропонованих методах досягається за рахунок оптимального перерозподілу навантаження джерел.

Зауважимо, що загальний характер закономірностей, що досліджуються, дозволяє застосовувати викладені методи для розрахунку довільних розподільчих систем.

Разработаны новые методы управления динамическими и статическими потоками в сетях, которые основаны на использовании теории дифференциальных игр и методов оптимизации. Построены эффективные методы решения задачи удержания для широких классов линейных игр. Введено понятие инвариантных множеств для линейных дифференциальных и разностных игр удержания, и построены минимальные и максимальные инвариантные множества, из любой точки которых возможно решение задачи удержания в условиях неопределенности. Динамика описана линейными уравнениями для дискретного и непрерывного случаев.

Проведено исследование потоков в сетях с обобщенным законом Кирхгофа. Рассмотрены стационарные и динамические потоки. В рамках сформулированных моделей

решаються такі важливі прикладні задачі як управління транспортом води в оросительних системах або газу в магістральних трубопроводах.

Розроблені нові ефективні методи знаходження оптимальних потоків на основі зміни структури графа шляхом заміни циклу в графі звездочним підграфом.

Ефективність запропонованого підходу забезпечується за рахунок зменшення кількості вичислень, коли замість невідомих потоків варіюються параметричні змінні, кількість яких дорівнює кількості замкнених циклів мережі. Наприклад, загальна довжина газопроводів України становить 35,6 тисяч км (більше 200 ділянок), в той же час українська газотранспортна система містить тільки 6 замкнених циклів.

Додаткове підвищення ефективності потікорозподілу в запропонованих методах досягається за рахунок оптимального перерозподілу навантаження джерел.

Загальний характер досліджуваних закономірностей дозволяє застосувати розроблені методи для розрахунку довільних розподільчих систем.

Research objective is development of new methods for control of dynamic and static flows in networks which based on application of differential games theory optimization methods. Investigation object is models and methods for distribution optimization of dynamic and static flows in networks with application of differential games theory. Effective methods of constraint problem solving for a wide linear games classes have been constructed. The notion of invariant sets for linear differential and difference games of constraint is introduced, the maximum and the minimum invariant sets have been constructed. Flows investigation in networks with generalised Kirchhoff's law is made. Stationary and dynamical flows are considered. New effective methods for research of optimal flows on the basis of graph structure change are developed.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право)

Немає.

5. Порівняння зі світовими аналогами

Результати відповідають світовому рівню.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники)

Пропонується використання результатів роботи для розв'язання практичних задач у галузях техніки та економіки. Результати з теорії ігор можна використовувати для керування різними технологічними процесами, зокрема, для керування рухом води у зрошувальних системах і рухом газу у газопроводах, а також рухом будь-якого продукту. Задачі розподілу у мережах виникли при розв'язуванні задач газорозподілу у магістральних трубопроводах і зрошувальної води між споживачами, що робить доцільним застосування отриманих результатів у цих галузях

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Отримані результати можуть знайти застосування в розробках у науково-дослідних інститутах НАН України (Інститут математики, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова) та вищих навчальних закладах (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, НТУУ «КПІ», Міжнародний Соломонів університет).

Задачі розподілу у мережах можуть використовуватись у науково-дослідних і проектних інститутах Української академії аграрних наук, зокрема, в Інституті гідротехніки та меліорації, і на підприємствах газопостачальної промисловості

8. Стан готовності розробки. Технічна документація, науково-технічний звіт про НДР.

9. Існуючі результати впровадження

Основні теоретичні положення роботи впроваджені при викладанні навчальних курсів «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Теорія ігор та економічна поведінка», які викладаються у Міжнародному Соломоновому університеті, та «Теорія ігор», «Теорія оптимального керування», «Методи оптимізації», які викладаються у НТУУ «КПІ».


10. Назва підрозділу, телефон, e-mail

Відділ чисельних методів оптимізації ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», 406-8532,
shubenkova@ceeis.org.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання: (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

1. Аміргалієва С.Н., Остапенко В.В., Остапенко О.В. Диференціальна гра з випадковою марківською перешкодою // Наукові вісті «КПІ». – 2010. – №4. – С.10-15.
2. Кірік О.Є. Оптимізація заповнення сховищ у задачах розрахунку потоків для розподільчих мереж // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – №1. – С.28-35.
3. Кірік О.Є. Алгоритми ітераційного квадратичного програмування для задач оптимального розподілу потоків // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 1. – С.101-113.
4. Кірік О.Є. Розподіл потоків в мережах складної кільцевої топології // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – №2. – С.18-26.
5. Остапенко В.В., Беляев Д.А. Расписание ремонта основных средств // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №2. – С.183-186.
6. Ostapenko V.V. Convexity and Differential Games in the book “Pareto Optimality, Game theory and Equilibrium”. – Springer, 2008. – P.647-694.
7. Кірік О.Є. Методи SQP для задач розподілу потоків // X Міжнародна науково-технічна конференція „Системний аналіз та інформаційні технології” (м. Київ, 20-24 травня 2008р.) Тези доповідей. – Київ, 2008. – С.85.
8. O.Kirik Application of some nonlinear optimization methods for network flow problems // Nonlinear analysis and applications. Conference on memory of V.S.Melnik (Kyiv, April 2-4, 2009) Books of abstracts. – Kyiv, Ukraine. – P.39.
9. Кірік О.Є. Розв'язання задач стабілізації та оптимізації газотранспортних мереж // Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту" (ISDMCI2009) м. Євпаторія, 18-22 травня 2009р. Матеріали конференції. Том 1.– Херсон: ХНТУ, 2009. – С.67-68.

12. Фото / схема, слайди презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).

<p>ННК «ПСА» НТУУ «КПІ» Відділ чисельних методів оптимізації</p> <p>Розробка методів оптимального керування потоками в мережах із застосуванням теорії диференціальних ігор</p> <p>Зав. відділом д.ф.-м.н., проф. Остапенко В.В.</p>	<p>Методи оптимізації для нелінійних задач розподілу потоків у розподільчих мережах з перерозподілом навантаження джерел постачання продукту</p> <p>Математичний опис поточкорозподілення у вигляді нелінійних оптимізаційних задач з інтегральними цільовими функціями дозволяє охопити достатньо широкий спектр розподільчих мереж, але при розрахунках вимагає застосування ефективних методів нелінійного програмування</p>  $F = \sum_{(i,j) \in V} \int_0^{x_{ij}} f_{ij}(t) dt$ $\sum_{j:(i,j) \in V} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{ji} = d_i, i \in N \quad r_{ij}^- \leq x_{ij} \leq r_{ij}^+, (i,j) \in V$
---	---

На відміну від лінійних транспортних задач, задачі оптимізації енергетичних систем можуть мати різноманітні нелінійні цільові функції, що обумовлює широкий вибір методів їх розрахунків.

Один з можливих підходів – зведення вихідної задачі до задачі значно меншої розмірності. Нелінійна задача розподілу потоків, невідомими якої є потоки вздовж ділянок мережі, зводиться до задачі без обмежень, розмірність якої залежить від кількості замкнених циклів мережі. Для розв'язання цієї задачі невеликої розмірності застосовуються ефективні методи нелінійного програмування



Оптимальний перерозподіл джерел та стоків

- У вузлах графа задаються функції споживання, що є або константами (замовлення споживачів) або змінними (подача продукту з різних джерел). Потрібно визначити такий план розподілу потоків вздовж мережі, що за рахунок можливого перерозподілу навантаження джерел задовольнить споживачів з найменшими загальними витратами.
- Гарантоване існування розв'язку є важливим моментом розв'язання будь якої складної прикладної проблеми. Пропонується математична модель розрахунку розподільчих мереж з модифікованою системою неперервності, що дозволяє гарантовано отримати оптимальний розв'язок.