

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
КАФЕДРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Кашпур О.Ф.

«__» _____ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ В ЗАДАЧАХ
УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМНИМИ
ПРОЕКТАМИ
для студентів**

галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
освітній рівень	магістр
освітня програма	Програмне забезпечення систем
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2019/2020
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: **к. ф.-м. н., доцент Слабоспицька О.О.** (лекції, лабораторні заняття).

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.

Розробник: Слабоспицька Ольга Олександрівна, к. ф.-м. н., с. н. с., доцент кафедри інтелектуальних програмних систем.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри інтелектуальних програмних систем

_____ О.І. Провотар

Протокол № __ від «__» _____ 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «__» _____ 2019 року №__

Голова науково-методичної комісії _____ Л.Л. Омельчук

«__» _____ 2019 року

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «__» _____ 2019 року №__

Голова вченої ради факультету _____ А.В. Анісімов

1. Мета дисципліни «Оптимізаційні методи в задачах управління програмними проектами» – засвоєння студентами базових знань щодо призначення, рамкових постановок і сучасних методів автоматизованого розв’язання спеціальних задач дискретної оптимізації й теорії ігор для ефективного управління програмним проектом в ролях його менеджера і/або співробітника проектного офісу.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни. Для успішного вивчення дисципліни «Методи тестування та оцінки надійності програмних систем» студенти повинні:

1. Знати:

- Основні моделі життєвого циклу програмних систем.
- Основні методології управління програмним проектом і портфелем програмних проектів (планові, ітеративні, гнучкі).
- Базові критерії ефективності програмного проекту та методи їх обґрунтованого оцінювання.
- Рольові й структурні моделі команди та моделі комунікацій програмного проекту.
- Основні поняття та методи теорії графів як складника дискретної математики.

2. Вміти:

- Свідомо й обґрунтовано вибирати методологію управління програмним проектом і портфелем програмних проектів.
- Розв’язувати задачі дискретної оптимізації за допомогою відповідних інструментальних засобів.
- Формувати ієрархічні структури робіт, виконавців і ресурсів програмного проекту.

3. Володіти:

- Базовими навичками застосування відкритих середовищ розв’язання задач дискретної оптимізації, зокрема Network-Enabled Optimization System (NEOS) (<http://www.neos-server.org/neos/>), Matlab, MS Excel.

4. Успішно опанувати курси освітньо-наукової програми «Програмне забезпечення систем»:

- Теоретичні основи та методи розробки інформаційних систем.
- Управління програмними проектами,

а також курси з дискретної математики, програмної інженерії та розроблення інформаційних систем циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

3. Анотація навчальної дисципліни. Навчальна дисципліна «Оптимізаційні методи в задачах управління програмними проектами» є складовою освітньо-наукової програми підготовки фахівців за другим (магістерським) рівнем вищої освіти у галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення в рамках освітньо-наукової програми «Програмне забезпечення систем».

Дана дисципліна належить до переліку № 1 дисциплін вільного вибору студента. Викладається у 3 семестрі магістратури в **обсязі – 120 год. (4 кредити ECTS)**, зокрема: лекції – 28 год., лабораторні заняття – 10 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 80 год. У курсі передбачено 2 змістовні частини, 2 контрольні роботи та 5 лабораторних робіт. Завершується дисципліна – **іспитом**.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

Знати:

1. Склад, призначення та рамкові постановки задач дискретної оптимізації для результативного й економічно ефективного управління програмним проектом.
2. Точні й наближені методи автоматизованого розв'язання цих задач.
3. Змістовні рамкові постановки спеціальних булевих задач оптимізації розкладу (за складом робіт, часом і вартістю для жорстких, м'яких та імовірнісних залежностей між роботами проекту) й команди програмного проекту та універсальні постановки цих задач в термінах теорії графів.
4. Алгоритми застосування методів динамічного й дихотомічного програмування та послідовного аналізу варіантів для розв'язання цих задач.

Вміти:

1. Виявляти та формально описувати певні задачі ефективного управління розкладом, командою й комунікаціями програмного проекту як задачі лінійного, зокрема булевого, програмування та теорії ігор.
2. Вибирати доцільні методи розв'язання цих задач і застосовувати їх за допомогою відповідних інструментальних засобів, зокрема NEOS, MatLab, MS Excel.

Дисципліна «Оптимізаційні методи в задачах управління програмними проектами» використовує знання з дисципліни «Управління програмними проектами» другого (магістерського) рівня вищої освіти у галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та надає підґрунтя для успішної виробничої практики «Розробка програмно-інформаційних систем».

4. Завдання (навчальні цілі). Основними завданнями дисципліни «Оптимізаційні методи в задачах управління програмними проектами» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в області управління програмними проектами відповідно до освітньої кваліфікації магістр з інженерії програмного забезпечення. Зокрема, розвивати:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1).
- Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності) (ЗК-5).
- Здатність удосконалювати свої навички на основі аналізу попереднього досвіду (ЗК-6).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК-8).
- Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати проектні завдання, знаходити раціональні методи й підходи до їх розв'язання (СК-2).
- Здатність оцінювати ступінь обґрунтованості застосування специфікацій, стандартів, правил і рекомендацій в професійній галузі та дотримуватися їх при реалізації процесів життєвого циклу програмного забезпечення (СК-5).
- Здатність розробляти і координувати процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмних систем на основі застосування відповідних моделей, методів та технологій розробки програмного забезпечення (СК-8).

5. Результати навчання за дисципліною.

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН1.1	Знати класи задач дискретної оптимізації для ефективного управління програмним проектом	Лекції, самостійна робота.	Контрольна робота № 1, іспит.	5%
РН1.2	Знати склад, призначення та умови застосування точних і наближених методів розв'язання цих задач.	Лекції, самостійна робота.	Контрольна робота № 1, іспит.	5%
РН1.3	Знати змістовні, теоретико-графові й теоретико-ігрові постановки задач оптимізації розкладу та команди програмного проекту.	Лекції, лабораторні заняття, самостійна робота.	Контрольні роботи № 1, № 2, захист лабораторних робіт 3, 4, 5, іспит.	15%
РН1.4	Знати методи розв'язання цих задач та способи їх автоматизованого застосування.	Лекції, самостійна робота.	Контрольна робота № 2, захист лабораторних робіт 1-5, іспит.	20%
РН2.1	Вміти виявляти та формалізувати задачі дискретної оптимізації й теорії ігор для вдосконалення розкладу й команди програмного проекту.	Лабораторні заняття, самостійна робота.	Контрольні роботи № 1, № 2, захист лабораторних робіт 3-5, іспит.	15%
РН2.2	Вміти вибирати доцільні методи розв'язання цих задач і застосовувати їх за допомогою відповідних засобів автоматизації.	Лекції, самостійна робота.	Контрольна робота № 2, захист лабораторних робіт 1-5.	20%
РН3.1	Зрозуміло формулювати проблеми вивчення теоретичного матеріалу й виконання лабораторних робіт у питаннях до викладача й колег та обґрунтовано відповідати на такі питання з їх боку.	Лекції, лабораторні заняття, години консультацій.	Поточне оцінювання, захист лабораторних робіт 1-5.	5%
РН3.2	Послідовно й зрозуміло обґрунтовувати власні рішення в лабораторних роботах.	Лабораторні заняття.	Захист лабораторних робіт 1-5.	5%
РН4.1	Самостійно формулювати й	Лабораторні	Захист	5%

	розв'язувати задачі оптимізації розкладу й команди програмного проекту в лабораторних роботах, виконуваних сумлінно й вчасно.	заняття.	лабораторних робіт 1-5.	
РН4.2	Самостійно аналізувати теоретичний матеріал і практичний досвід для обґрунтування лабораторних і контрольних робіт.	Лабораторні заняття, опрацювання рекомендованих інформаційних джерел.	Контрольні робота № 1, № 2, захист лабораторних робіт 1-5, іспит.	5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання.

Результати навчання дисципліни	РН1.1	РН1.2	РН1.3	РН1.4	РН2.1	РН2.2	РН3.1	РН3.2	РН4.1	РН4.2
	Програмні результати навчання									
ПРН-1. Знати і системно застосовувати методи аналізу та моделювання прикладної області, виявлення інформаційних потреб і збору вихідних даних для проектування програмного забезпечення.	+	+	+	+	+	+			+	
ПРН-3. Знати і застосовувати базові концепції і методології моделювання інформаційних процесів.			+	+	+	+			+	
ПРН-4. Оцінювати і обирати методи і моделі розробки, впровадження, експлуатації програмних засобів та управління ними на всіх етапах життєвого циклу.			+	+	+	+	+			
ПРН-5. Розробляти і оцінювати стратегії проектування програмних засобів; обґрунтовувати, аналізувати і оцінювати прийняті проектні рішення з точки зору якості кінцевого програмного продукту.			+	+	+	+	+	+		+
ПРН-10. Вміти приймати організаційно-управлінські рішення в умовах невизначеності.			+	+	+	+		+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів.

Семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН2.1, РН4.2 – **20 балів/12 балів.**
2. Контрольна робота 2: РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН4.2 – **20 балів/12 балів.**
3. Лабораторна робота 1: РН1.4, РН2.2, РН3.1, РН3.2, РН4.1, РН4.2 – **3 бали/2 бали.**
4. Лабораторна робота 2: РН1.4, РН2.2, РН3.1, РН3.2, РН4.1, РН4.2 – **3 бали/2 бали.**
5. Лабораторна робота 3: РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН3.2, РН4.1, РН4.2 – **4 бали/3 бали.**
6. Лабораторна робота 4: РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН3.2, РН4.1, РН4.2 – **5 балів/4 бали.**

7. Лабораторна робота 5: РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН3.2, РН4.1, РН4.2 – **5 балів/4 бали.**

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту)

- Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів.
- Результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН4.2.
- Форма проведення і види завдань: письмова робота.
- Види завдань: 4 письмових завдання (аналітичне питання, теоретичне питання, дві задачі, що зводяться до задач оптимізації на графі).
- Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит має бути не меншою, ніж 24 бали.
- Студент не допускається до іспиту, якщо протягом семестру він набрав менше ніж 36 балів.
- Студент не допускається до іспиту, якщо протягом семестру він не виконав і не здав 100 % лабораторних робіт, передбачених планом.

Критерії оцінювання на іспиті.

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1	Аналітичне питання, що потребує зіставлення теоретичного матеріалу курсу, лабораторних робіт, власного досвіду.	20%	20%
Завдання 2	Теоретичне питання.	16%	16%
Завдання 3	Задача з побудови/оптимізації мережевого графа проекту.	32%	32%
Завдання 4	Задача з розфарбування графа або визначення в ньому незалежних множин чи клік.	32%	32%
			100%

Питання для підготовки до іспиту.

1. Основні класи оптимізаційних задач для ефективного управління програмним проектом.
2. Умови застосування, переваги й обмеження точних методів ціло-чисельного лінійного програмування для задач управління програмним проектом
3. Умови застосування, переваги й обмеження наближених методів ціло-чисельного лінійного програмування для задач управління програмним проектом.
4. Метод послідовного аналізу варіантів.
5. Метод динамічного програмування в графічній і табличній формах.
6. Метод дихотомічного програмування.
7. Метод мережевого програмування.
8. Алгоритми графічного й табличного динамічного програмування для задачі про ранець.
9. Алгоритми послідовного аналізу варіантів і дихотомічного програмування для задачі про ранець.

10. Узагальнене подання мережевого графа програмного проекту з рекомендаційними та імовірнісними залежностями між операціями.
11. Розвиток методу PERT: методи CERT, GERT, VERT.
12. Методи гілок і границь та динамічного програмування для визначення критичного шляху в узагальненому мережевому графі.
13. Основні постановки задач оптимізації розподілу ресурсів в узагальненому мережевому графі.
14. Методи дихотомічного програмування для мінімізації вартості узагальненого мережевого графа.
15. Методи дихотомічного програмування для мінімізації часу реалізації узагальненого мережевого графа за її довільної та фіксованої вартості.
16. Призначення та правила операції агрегування робіт в узагальненому мережевому графі.
17. Основні постановки задач ефективного розподілу ресурсів у програмному проекті як задач лінійного програмування та особливості методів їх розв'язання.
18. Постановка задачі оперативного управління програмним проектом і методи послідовного аналізу варіантів та мережевого програмування для неї.
19. Поняття незалежної множини вершин графа, незалежної множини максимального розміру, кліки. Змістовні постановки задач їх визначення для управління розкладом, командою й комунікаціями програмного проекту.
20. Постановка булевої задачі про незалежну множину максимального розміру та методи її розв'язання.
21. Постановка булевої задачі про незалежні множини максимального сумарного розміру та методи її розв'язання.
22. Поняття розфарбування графа та його ребер, його хроматичного числа й індексу. Змістовні постановки задач розфарбування для управління програмним проектом.
23. Важливі оцінки хроматичного числа графа. Критерій Кеніга двоколірності графа, теореми Брукса, Хівуда, Зикова.
24. Теореми Кеніга та Візинга про оцінки хроматичного індексу графа.
25. Алгоритм Візинга-Плесневича розфарбування вершин графа мінімальною кількістю кольорів.
26. Реалізації алгоритму Візинга-Плесневича за допомогою булевих задач про незалежну множину максимального розміру та про незалежні множини максимального сумарного розміру.
27. Основні постановки задачі про призначення як уточнень задачі про ранець та їх змістовні інтерпретації для ефективного управління командою програмного проекту.
28. Основні постановки транспортної задачі для оптимізації матриці відповідальності в програмному проекті за завантаженістю виконавців, рівнем виконання робіт, витратами.
29. Умови застосування, переваги й обмеження методів розв'язання транспортної задачі.
30. Теоретико-ігрові моделі стимулювання та управління репутацією виконавців програмного проекту.
31. Вільно доступні автоматизовані засоби розв'язання задач лінійного програмування для управління програмним проектом.

7.2 Організація оцінювання.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру.
3. Лабораторні роботи 1-3: до 7 тижня семестру.
4. Лабораторні роботи 4, 5: до 14 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи у визначений викладачем термін.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перескладання контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу» від 1 жовтня 2010 року.

Студент має право захищати лабораторні роботи протягом усього навчального семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок.

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять.

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Частина 1. Методи оптимізації розкладу програмного проекту.				
1	Тема 1. Класи задач дискретної оптимізації для ефективного управління програмним проектом.	2		4
2	Тема 2. Точні методи розв'язання задач дискретної оптимізації для проекту та їх автоматизована підтримка.	2		8
3	Тема 3. Наближені методи розв'язання задач дискретної оптимізації для проекту.	2		4
4	Тема 4. Оптимізація складу робіт проекту/проектів портфеля за допомогою задач про одно- та багатовимірний ранець.	2	2	4
5	Тема 5. Методи динамічного й дихотомічного програмування та послідовного аналізу варіантів для задач про ранець.	2	2	6
6	Тема 6. Булеві задачі оптимізації розкладу проектів за часом і вартістю для жорстких, м'яких та імовірнісних залежностей між вершинами мережного графу.	4	4	9
7				
8	Тема 7. Методи пошуку максимальних незалежних множин у мережному графі проекту та їх застосування для вдосконалення його розкладу.	2	2	6
9	Тема 8. Алгоритм Візинга-Плесневича для задачі мінімального вершинного розфарбування мережного графа проекту та вдосконалення його розкладу за її розв'язком.	2		7

Контрольна робота 1				2
Всього по частині 1		18	10	50
Частина 2. Методи вдосконалення команди та комунікацій програмного проекту.				
10	Тема 9. Формування ефективної команди проекту за допомогою розв'язання одно- й багатокритеріальної задачі про призначення.	2		6
11	Тема 10. Застосування методів пошуку максимальних незалежних вершин графа та його мінімального вершинного розфарбування для вдосконалення команди проекту.	4		9
12				
13	Тема 11. Оптимізація матриці відповідальності в плановому й гнучкому проекті за допомогою розв'язання транспортної задачі.	2		6
14	Тема 12. Оптимізація особистої й командної ефективності виконавців проекту за допомогою методів теорії ігор.	2		7
Контрольна робота 2				2
Всього по частині 2		10		30
Консультація			2	
ВСЬОГО		28	10	80

Загальний обсяг – **120** год., в тому числі:

Лекцій – **28** год.

Лабораторні заняття – **10** год.

Консультації – **2** год.

Самостійна робота - **80** год.

Лабораторні роботи.

Лабораторна робота 1. Визначення оптимального складу програмних проектів у портфелі за допомогою формулювання булевої задачі про одновимірний ранець, її опису мовою AMPL і розв'язання в середовищі Network-Enabled Optimization System (NEOS-сервер, <http://www.neos-server.org/neos/>) за допомогою вбудованої програми gurobi.

Лабораторна робота 2. Визначення оптимального складу робіт програмного проекту за допомогою формулювання булевої задачі про двовимірний ранець та її розв'язання графічним і табличним методами динамічного програмування з проведенням відповідних розрахунків мовою AMPL в середовищі NEOS-серверу за допомогою програми gurobi.

Лабораторна робота 3. Побудова мережного графа проекту з робіт, визначених у лабораторній роботі №2, формування в ньому критичного шляху за допомогою розв'язання відповідних задач дискретної оптимізації (в середовищі Matlab або програмою gurobi на вибір студента) та складання розкладів ранніх і пізніх строків. розкладу проекту.

Лабораторна робота 4. Оптимізація побудованого мережного графа за вартістю та за часом його реалізації за допомогою формулювання відповідних задач лінійного

програмування та застосування до них алгоритму дихотомічного програмування з використанням програми gurobi.

Лабораторна робота 5. Визначення незалежної множини максимального розміру та незалежних множин максимального сумарного розміру в побудованому мережному графі та в графі психологічної сумісності його потенційних виконавців за допомогою формулювання відповідних булевих задач та їх розв'язання з використанням програми gurobi.

9. Рекомендовані джерела.

Основні:

1. Баркалов С.А. Умноое управление проектами. Учебное пособие. / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков и др. – под ред. Д.А. Новикова. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 2019. – 189 с.
2. Царьков И.Н. Математические модели управления проектами: учебник / И.Н. Царьков – М.: НИЦ Инфра-М, 2019. – 514 с.
3. Баркалов С.А. Математические основы управления проектами Учебное пособие / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др. Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.
4. Волошин А.Ф. Последовательный анализ вариантов в задачах исследования и проектирования сложных систем / А.Ф. Волошин, В.И. Кудин – ИПЦ «Киевский университет», 2015. – 351 с.
5. Нікольський Ю.В. Дискретна математика / Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю.М. Щербина. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 368 с.

Додаткові:

1. Троцкий М. Управление проектами / М. Троцкий, Б. Груча, К. Огонек – М., Финансы и статистика, 2011. – 302 с.
2. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами. Учебник / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков. Под ред. Д. А. Новикова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
3. Бурков В.Н. Модели, методы и механизмы управления и принятия решений в организационных системах. / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин – МФТИ, 2009. – 223 с.
4. Новиков Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 184 с.
5. Новиков Д.А. Управление проектами: организационные механизмы. – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
6. Воропаев В.И. Математические модели проектного управления для инвестора / В.И. Воропаев, Я.Д. Гельруд // Управление проектами и программами – 2013. – № 2. – С. 102–112.
7. Алферов В.И. Прикладные задачи управления строительными проектами. / В.И. Алферов, С.А. Баркалов, В.Н. Бурков и др. – Воронеж. гос. арх. – строит. ун-т., 2008. – 766 с.
8. Коваленко І.І. Інформаційна технологія графо-динамічного моделювання організаційних структур проектів / І.І. Коваленко, К.С. Пугаченко // Зб. наук. праць Національного університету кораблебудування. – 2013. – Вип. 2. – С. 84-88.

9. Шиян А.А. Управління розвитком соціально-економічних систем. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті / А.А. Шиян – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 164 с.
10. Лазарев А.А. Теория расписаний: задачи и алгоритмы. / А.А. Лазарев, Е.Р. Гафаров – М: МГУ, 2011. – 222 с.
11. Шор Н.З. Алгоритмы последовательной и негладкой оптимизации. Сб. избр. трудов. / Н.З. Шор – Кишинэу, Эврика, 2012. – 272 с.
12. Бурков В.Н. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами / В.Н. Бурков, И.В. Буркова // Управление большими системами. – 2010. – Вып. 30.1. – С. 40–61.
13. Буркова И.В. Метод дихотомического программирования в задачах управления проектами. Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 100 с.
14. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. / Н. Кристофидес – М: Мир, 1978. – 432 с.
15. Іглін С.П. Теорія графів. Лекції та варіанти індивідуальних домашніх завдань / С.П.Іглін – 2015. – 132 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: repository.kpi.kharkov.ua › KhPI-Press › GraphTheoryLectures.
16. Визинг В.Г. К проблеме минимальной раскраски вершин графа / В.Г. Визинг, Г.С. Плесневич // Сибирский математический журнал. – 1965. – Т. 6, № 1. – С. 234–236.
17. Стецюк П.И. Об ЛП-ориентированных верхних оценках для взвешенного числа устойчивости графа / П.И. Стецюк, А.П. Лиховид // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 1. – С. 157–170.
18. Стецюк П.І. Мережні інформаційні технології: методичні рекомендації до вивчення курсу. / П.І. Стецюк, О.В. Міца, В.І. Пецко – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2014. – 65 с.
19. Стецюк П.І. Максимальні незалежні множини вершин графа та їх використання в управлінні проектами / П.І. Стецюк, О.О. Слабоспицька, О.О. Ушакова // Питання прикладної математики і математичного моделювання. Зб. наук. праць Дніпропетровського нац. ун-ту ім. О.Гончара. – 2016 – Вип. 16. – С. 151–162.
20. Шор Н.З. Задачі оптимального проектування надійних мереж. / Н.З. Шор, І.В. Сергієнко, В.П. Шило та ін. – К., Наукова думка, 2005. – 229 с.
21. Fourer R. AMPL, A Modeling Language for Mathematical Programming. / R. Fourer, D. Gay, B. Kernighan – Belmont: Duxbury Press, 2003. – 517 p.
22. NEOS Solver [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.neos-server.org/neos/solvers/>.
23. Gurobi Optimizer Reference Manual – Gurobi Optimization, Inc., 2014. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.gurobi.com/>.