


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра технічного сервісу

**«Затверджую»
Завідувач кафедри
технічного сервісу**


_____ **В.Б. Тарельник**

“ 15 ” 06 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)**

БК 01/1 - МОДЕЛЮВАННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Галузь знань: 27 - Транспорт

Спеціальність: 275 Транспортні технології (за видами)_

Спеціалізація : 275.03 - Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Освітня програма: Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Факультет: Інженерно-технологічний

2020-2021 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни «*Моделювання на автомобільному транспорті*» для студентів за спеціальністю 275.03 "Транспортні технології (на автомобільному транспорті)" другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Розробник: Коноплянченко Є.В., к.т.н., доцент



Робочу програму схвалено на засіданні кафедри *технічного сервісу*.
Протокол № 14 від «15» червня 2020 року

Завідувач кафедри технічного сервісу  (Тарельник В.Б.)

Погоджено:

Гарант освітньої програми  (О.О. Соларьов)

Декан інженерно технологічного факультету  (М.Я.Довжик)

Декан інженерно технологічного факультету  (М.Я.Довжик)

Методист відділу якості освіти, ліцензування та акредитації 

Зареєстровано в електронній базі: дата: 25.08.2020 р.

© СНАУ, 2020 рік

© Коноплянченко Є.В., 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 27 «Транспорт» (шифр і назва) Напрямок підготовки:	Вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність: 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» (шифр і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів: 2		2020-2021й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання:		Курс	
		1	
Загальна кількість годин – 150		Семестр	
	2-й		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,1 самостійної роботи студента – 4,9	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		46 год.	
		Практичні	
		30 год.	
		Лабораторні	
		-	
		Самостійна робота	
74 год.			
Індивідуальні завдання:		-	
Вид контролю:		залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання - 51/49 (76/74)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – ознайомлення із теоретичними основами моделювання, сферами його найбільш ефективного використання, видами моделей, що застосовуються в транспортних технологіях, етапами їх розробки, методами перевірки правильності, коректності та адекватності моделей та придбання практичних навичок у розробці імітаційних моделей із використанням ЕОМ.

Завдання – вивчення основних понять, положень та підходів до процесу моделювання на автомобільному транспорті.

Після вивчення дисципліни студент буде :

Знати: Загальні закономірності та особливості теорії моделювання транспортних систем, із використанням сучасних інформаційних технологій.

Вміти:

- розв'язувати складні задачі і проблеми у автотранспортній галузі що характеризуються невизначеністю умов і вимог;
- визначати та застосувати перспективні напрямки моделювання транспортних процесів;
- розробляти і досліджувати теоретичні і експериментальні моделі об'єктів транспортних систем;
- обґрунтовувати доцільність заходів щодо удосконалення транспортних технологій із використанням моделювання транспортних процесів.
- розробляти заходи щодо управління вантажними та пасажирськими перевезеннями із використанням моделювання процесів перевезень вантажів на автомобільному транспорті;
- досліджувати теоретичні і експериментальні моделі управління надійністю та ефективністю транспортних технологій на автомобільному транспорті.

3. Програма навчальної дисципліни

(Розглянута на засіданні кафедри «15» 06 2020 року №14)

Змістовний модуль 1. Основи моделювання транспортних систем.

Тема 1. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація.

Вимоги до моделей.

Поняття модель та моделювання. Об'єкт моделювання. Підходи до дослідження систем. Поняття системи. Співвідношення між моделлю та системою. Види моделей та їх класифікація за різними критеріями. Вимоги до моделей. Ізоморфізм та гомоморфізм. Функції моделей систем

Тема 2. Класифікація видів моделювання систем. Формальні методи побудови моделей. Ідентифікація параметрів математичної моделі.

Види моделювання систем. Математичне моделювання. Інші види моделювання.

Декомпозиція систем та простір станів. Формальні методи побудови моделей. Адекватність, чутливість, несуперечливість моделі. Постановка задачі ідентифікації моделей. Основні етапи розв'язання задачі ідентифікації та їх взаємозв'язок. Поняття адекватності, сталості та чутливості моделі, формальні способи їх перевірки. Поняття несуперечливості моделі. Аксиоматичний підхід. Метод «чорної скрині». Оптимізаційний підхід. Імітаційні моделі.

Тема 3. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Модельні схеми.

Основні принципи побудови моделей. Технологія моделювання: основні етапи, їх взаємозв'язок та характеристики. Поняття типової математичної схеми моделі. Загальний вид математичної моделі системи. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми). Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми). Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми). Неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми). Узагальнені моделі (A-схеми).

Тема 4. Імовірнісне моделювання. Моделювання випадкових процесів. Моделі теорії черг.

Моделювання випадкових процесів. Генератори псевдовипадкових чисел. Метод Монте-Карло. Мережі Петрі. Ланцюги Маркова.

Тема 5. Особливості транспортних систем як об'єкту моделювання. Транспортна система як об'єкт моделювання. Транспортно-логістичні системи. Транспорт як об'єкт моделювання. Способи побудови моделей. Ознаки моделі.

Тема 6. Моделі попиту на транспортне обслуговування.

Моделювання попиту на транспортне обслуговування. Етапи визначення попиту на транспортне обслуговування. Поняття та суть імітаційного моделювання. Мови моделювання та теорія масового обслуговування як частина моделювання. Процес створення моделі системи.

Тема 7. Об'єктно-орієнтовне моделювання.

Об'єктно-орієнтовне моделювання як метод підвищення ефективності управління транспортними системами. Класи та їхні групи. Принципи роботи ООМ.

Тема 8. Моделювання при вантажних та пасажирських перевезеннях. Моделювання при вантажних перевезеннях. Моделювання при пасажирських перевезеннях.

Тема 9. Експериментальні дослідження функціонування транспортних джерел. Основи планування експериментальних досліджень. План експерименту та методи його побудови. Параметри оцінки результатів експерименту. Закономірності перебігу результатів експерименту.

Змістовий модуль 2. Аналіз автомобільного транспорту як технологічної системи.

Тема 10. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу. Принципи системного аналізу. Технічна кібернетика, її предмет та методи.

Тема 11. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Системи та їх класифікація.

Інженерна діяльність. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Поняття системи, середовища. Узагальнена модель системи. Загальна класифікація систем. Властивості систем. Аналітичний підхід до дослідження складних систем. Повнота моделі. Декомпозиція та агрегування. Види агрегатів, що використовуються в системному аналізі. Системні особливості моделей інформаційних систем та систем прийняття рішень.

Тема 12. Технічні системи (ТС), технологічні системи (ТхС) .

Типи опису ТС. Транспортні ТхС. Особливості та класифікація. Життєвий цикл ТС. Основні етапи. Основні ТС та їх характеристика. Методологія створення технічних систем і роль прогнозування. Основні поняття про процес проектування. Стадії і етапи технічного проектування технічних систем. Загально-технічні основи конструювання технічних систем. Проектні критерії. Принципи системного підходу. Поняття системи, навколишнього середовища, мети. Поняття елемента, функції, структури. Види потоків в системах. Поняття стану та процесу.

Тема 13. Аналіз діяльності ТС на основних етапах життєвого циклу.

Діяльність ТС на етапі проектування. Діяльність ТС на етапі виробництва. Діяльність ТС на етапі експлуатації. Діяльність ТС на етапі утилізації.

Тема 14. Аналіз технічних та технологічних систем. Види аналізу. Етапи проведення системного аналізу.

Види аналізу систем. Класифікація аналізу за змістом. Класифікація аналізу за глибиною і масштабами структуризації. Основні етапи проведення системного аналізу. Аналіз діяльності ТС на основних етапах життєвого циклу. Поняття про техніко-економічний аналіз (ТЕА). Методи та прийоми ТЕА. Спосіб ланцюгових підстановок. Економічні критерії технічних систем. Ергономічні і естетичні критерії технічних систем. Алгоритм оцінювання технічних систем. Методи дерева цілей, функціонального аналізу та формування експертних висновків. Методи комбінаторно-морфологічного аналізу і синтезу.

Тема 15. Аналіз процесів функціонування систем.

Аналіз систем за допомогою когнітивних карт. Таблиці рішень. Дерево рішень. Аналіз та моделювання систем за допомогою мереж Петрі. Визначення мережі Петрі. Виконання мереж Петрі. Моделювання одночасності та конфліктів засобами мереж Петрі. Узагальнення мереж Петрі. Приклади.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		го	л	п	лаб	інд		с.р.	л	п	лаб	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1. Основи моделювання транспортних систем.												
Змістовий модуль 1. Основи моделювання транспортних систем.												
Тема 1. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей.	9	4	-			5						
Тема 2. Класифікація видів моделювання систем. Формальні методи побудови моделей. Ідентифікація параметрів математичної моделі.	9	4	-			5						
Тема 3. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Модельні схеми.	9	4	-			5						
Тема 5. Особливості транспортних систем як об'єкту моделювання.	4	4				-						
Тема 6. Моделі попиту на транспортне обслуговування.	4	4				-						

Тема 7. Об'єктно-орієнтовне моделювання.	7	2				5							
Тема 8. Моделювання при вантажних та пасажирських перевезеннях.	8	2	6			-							
Тема 9. Експериментальні дослідження функціонування транспортних джерел.	9	2	2			5							
Разом за змістовим модулем 1	64	26	8			30							
Модуль 2. Аналіз автомобільного транспорту як технологічної системи.													
Змістовий модуль 2. Аналіз автомобільного транспорту як технологічної системи.													
Тема 10. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу.	7	2	-			5							
Тема 11. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Системи та їх класифікація.	14	4	-			10							
Тема 12. Технічні системи (ТС), технологічні системи (ТхС) .	17	4	4			9							
Тема 13. Аналіз діяльності ТС на основних етапах життєвого циклу.	6	2	4			-							
Тема 14. Аналіз технічних та технологічних	24	4	10			10							

систем. Види аналізу. Етапи проведення системного аналізу.												
Тема 15. Аналіз процесів функціонування систем.	18	4	4			10						
Разом за змістовим модулем 2	86	20	22			44						
Усього годин	150	46	30			74						

5. Теми та план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кіл-ть годин
1.	Тема 1. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей. Поняття модель та моделювання. Об'єкт моделювання. Підходи до дослідження систем. Поняття системи. Співвідношення між моделлю та системою. Види моделей та їх класифікація за різними критеріями. Вимоги до моделей.	4
2.	Тема 2. Класифікація видів моделювання систем. Формальні методи побудови моделей. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Види моделювання систем. Математичне моделювання. Інші види моделювання. Декомпозиція систем та простір станів. Формальні методи побудови моделей. Адекватність, чутливість, несуперечливість моделі. Постановка задачі ідентифікації моделей. Основні етапи розв'язання задачі ідентифікації та їх взаємозв'язок. Поняття адекватності, сталості та чутливості моделі, формальні способи їх перевірки. Поняття несуперечливості моделі.	4
3.	Тема 3. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Модельні схеми. Основні принципи побудови моделей. Технологія моделювання: основні етапи, їх взаємозв'язок та характеристики. Поняття типової математичної схеми моделі. Загальний вид математичної моделі системи. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми). Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми). Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми).	4

4.	Тема 4. Імовірнісне моделювання. Моделювання випадкових процесів. Моделі теорії черг. Моделювання випадкових процесів. Генератори псевдовипадкових чисел. Метод Монте-Карло.	2
5.	Тема 5. Особливості транспортних систем як об'єкту моделювання. Транспортна система як об'єкт моделювання. Транспортно-логістичні системи. Транспорт як об'єкт моделювання. Способи побудови моделей. Ознаки моделі.	4
6.	Тема 6. Моделі попиту на транспортне обслуговування. Моделювання попиту на транспортне обслуговування. Етапи визначення попиту на транспортне обслуговування. Поняття та суть імітаційного моделювання. Мови моделювання та теорія масового обслуговування як частина моделювання. Процес створення моделі системи.	4
7.	Тема 7. Об'єктно-орієнтовне моделювання. Об'єктно-орієнтовне моделювання як метод підвищення ефективності управління транспортними системами. Класи та їхні групи.	2
8.	Тема 8. Моделювання при вантажних та пасажирських перевезеннях. Моделювання при вантажних перевезеннях. Моделювання при пасажирських перевезеннях.	2
9.	Тема 9. Експериментальні дослідження функціонування транспортних джерел. Основи планування експериментальних досліджень. План експерименту та методи його побудови. Параметри оцінки результатів експерименту.	2
10.	Тема 10. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу. Принципи системного аналізу.	2
11.	Тема 11. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Системи та їх класифікація. Інженерна діяльність. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Поняття системи, середовища. Узагальнена модель системи. Загальна класифікація систем. Властивості систем.	2
12.	Тема 12. Технічні системи (ТС), технологічні системи (ТхС). Типи опису ТС. Транспортні ТхС. Особливості та класифікація. Життєвий цикл ТС. Основні етапи. Основні ТС та їх характеристика. Методологія створення технічних систем і роль прогнозування. Основні поняття про процес проектування. Стадії і етапи технічного проектування	4

	технічних систем. Загально-технічні основи конструювання технічних систем. Проектні критерії.	
13.	Тема 13. Аналіз діяльності ТС на основних етапах життєвого циклу. Діяльність ТС на етапі проектування. Діяльність ТС на етапі виробництва. Діяльність ТС на етапі експлуатації. Діяльність ТС на етапі утилізації.	2
14.	Тема 14. Аналіз технічних та технологічних систем. Види аналізу. Етапи проведення системного аналізу. Види аналізу систем. Класифікація аналізу за змістом. Класифікація аналізу за глибиною і масштабами структуризації. Основні етапи проведення системного аналізу. Аналіз діяльності ТС на основних етапах життєвого циклу. Поняття про техніко-економічний аналіз (ТЕА). Методи та прийоми ТЕА. Спосіб ланцюгових підстановок. Економічні критерії технічних систем. Ергономічні і естетичні критерії технічних систем. Алгоритм оцінювання технічних систем.	4
15.	Тема 15. Аналіз процесів функціонування систем. Аналіз систем за допомогою когнітивних карт. Таблиці рішень. Дерево рішень. Аналіз та моделювання систем за допомогою мереж Петрі. Визначення мережі Петрі. Виконання мереж Петрі. Моделювання одночасності та конфліктів засобами мереж Петрі.	4
	Разом	46

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання прогнозованого обсягу вантажних перевезень	2
2	Дослідження зміни собівартості вантажоперевезень за допомогою експерименту	2
3	Визначення матриці пасажирських кореспонденцій у період проведення святкових заходів у містах	2
4	Оцінка ефективності роботи маршрутної мережі малих та середніх міст	2
5	Застосування системного підходу при топологічному аналізі складних систем	8
6	Дослідження особливостей побудови моделей складних систем	10
7	Вирішення транспортної задачі в середовищі MathCAD.	4
	Разом	30

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми та перелік питань	Кількість годин
1.	Тема 1. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей. Ізоморфізм та гомоморфізм. Функції моделей систем	5
2.	Тема 2. Класифікація видів моделювання систем. Формальні методи побудови моделей. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Аксиоматичний підхід. Метод «чорної скрині». Оптимізаційний підхід. Імітаційні моделі.	5
3.	Тема 3. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Модельні схеми. Неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми). Узагальнені моделі (A-схеми).	5
4.	Тема 4. Імовірнісне моделювання. Моделювання випадкових процесів. Моделі теорії черг. Мережі Петрі. Ланцюги Маркова.	5
5.	Тема 7. Об'єктно-орієнтовне моделювання. Принципи роботи ООМ.	5
6.	Тема 9. Експериментальні дослідження функціонування транспортних джерел. Закономірності перебігу результатів експерименту	5
7.	Тема 10. Історія розвитку системних уявлень. Предмет системного аналізу. Технічна кібернетика, її предмет та методи.	5
8.	Тема 11. Вимоги до сучасної інженерної діяльності. Системи та їх класифікація. Аналітичний підхід до дослідження складних систем. Повнота моделі. Декомпозиція та агрегування. Види агрегатів, що використовуються в системному аналізі. Системні особливості моделей інформаційних систем та систем прийняття рішень.	10
9.	Тема 12. Технічні системи (ТС), технологічні системи (ТхС). Принципи системного підходу. Поняття системи, навколишнього середовища, мети. Поняття елементу, функції, структури. Види потоків в системах. Поняття стану та процесу.	9
10.	Тема 14. Аналіз технічних та технологічних систем. Види аналізу. Етапи проведення системного аналізу. Методи дерева цілей, функціонального аналізу та	10

	формування експертних висновків. Методи комбінаторно-морфологічного аналізу і синтезу.	
11.	Тема 15. Аналіз процесів функціонування систем. Узагальнення мереж Петрі. Приклади.	10
	Разом	74

8. Методи навчання

Методи навчання та викладання:

лекція-демонстрація викладача,

робота в дискусійних групах.

демонстрація, ілюстрація, спостереження;

виробничо-практичні заняття, виконання розрахунково-графічних та практичних завдань.

Методи навчання за характером і рівнем самостійної розумової діяльності студентів: проблемний; частково-пошуковий (евристичний); дослідницький; репродуктивний; демонстративний для пояснення.

Активні методи навчання - використання технічних засобів навчання, заняття та практика на виробництві, групові дослідження, використання учбових і контролюючих тестів, використання опорних конспектів лекцій.

Інтерактивні технології навчання - використання мультимедійних технологій, інтерактивної дошки, діалогове навчання.

9. Методи контролю

Оцінювання за 100-бальною шкалою оцінювання ЕКТС.

Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація).

Полікритеріальна оцінка поточної роботи студентів: рівень знань, продемонстрований на практичних і лабораторних заняттях; активність під час обговорення питань, які винесені на заняття; результати виконання і захисту лабораторних робіт; експрес-контроль під час аудиторних занять; самостійне опрацювання теми в цілому або окремих питань; виконання аналітично-розрахункових завдань; результати тестування; письмові завдання при проведенні контрольних робіт.

Прямий облік в підсумковій оцінці виконання студентом певного індивідуального завдання до самостійної роботи: виконання контрольних робіт; написання рефератів; підготовка презентації.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота															СРС	Разом за модулі та СРС	Атестація	Сума
Змістовий модуль 1 - 30 балів					Змістовий модуль 2 - 40 балів													
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	15	85 (70 + 15)	15	100
2	2	2	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	10	10				

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
69-74	D	задовільно	
60-68	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Рекомендована література

Базова

1. Лашених, О.А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О.А. Лашених, О.Ф. Кузькін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2006. – 435 с.
2. Поліщук В.П. / За заг.ред. Дмитриченка М.Ф., Системологія на транспорті. Підручник у 5-ти книгах. Кн.3: Дослідження операцій у транспортних системах. К.: Знання України, 2009.- 375с.

3. Law, Averil M. Simulation modeling and analysis. 5-th edition. McGraw-Hill Education, NY, 2015. – 852p.
4. Blanchard, Benjamin S., Fabrycky, Wolter J. Systems Engineering and Analysis (Fifth Edition). Prentice Hall, New Jersey, 2011.- 786p.
5. Ana Luísa Ramos, A.L., Ferreira J.V., Jaume Barceló J. Modeling & Simulation for Intelligent Transportation Systems. (2012) International Journal of Modeling and Optimization, Vol. 2, No. 3, pp. 274-279.
6. Ситник В. Ф. Імітаційне моделювання: навч. посібник / В. Ф. Ситник, Н. С. Орленко. – Київ : КНЕУ, 1998. – 232 с.
7. Основи інформаційних систем / [Ситник В.Ф., Писаревська Т.А., Єрємін Н.В., Краєва О.С.]. — К. : КНЕУ, 2001. — 416 с.
8. Системний аналіз автоматизованих систем керування, об'єктів та процесів комп'ютеризації: Конспект лекцій /Укладач: О.А. Худяєв. – Харків: УПА, 2007. -273с
9. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навч. посібник .-Львів: „Новий світ-2000”, 2003.-424с.
- 10.Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: Навч. посібник / За ред. Ю.Г.Леги. -К.: Либідь, 2004. -288с.

Допоміжна

1. Россол А. В. Моделювання транспортних систем: Конспект лекцій: для студентів транспортних вищих навчальних закладів напряму підготовки - Транспортні технології /А. В. Россол; ХНАДУ.- Харків: ХНАДУ, 2013.- 65с.
2. Лотиш В. В. Моделювання транспортних систем : конспект лекцій : для студентів спеціальності 8.05020203 – Автоматика та автоматизація на транспорті (за видами транспорту) денної форми навчання / В. В. Лотиш ; Луцький НТУ. – Луцьк : Луцький НТУ, 2015. – 28 с.
3. Zi-Qing, W., Guo-Dong, W., & Wei-Bo, S. (2010). Monte—Carlo Simulation of Multiple-Molecular-Motor Transport. Communications in Theoretical Physics, 54(4), 768–772. <https://doi.org/10.1088/0253-6102/54/4/34>
4. Tong, L., Pan, Y., Shang, P. et al. Open-Source Public Transportation Mobility Simulation Engine DTALite-S: A Discretized Space–Time Network-Based Modeling Framework for Bridging Multi-agent Simulation and Optimization. Urban Rail Transit 5, 1–16 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0100-x>
5. Guo, Y., & Hu, P. (1994). Simulation Model of Transportation System. IFAC Proceedings Volumes, 27(12), 513–517. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)47522-7](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)47522-7)
6. Семёнов В. В. Исторический анализ моделирования транспортных процессов и транспортной инфраструктуры / В. В. Семёнов – М. : Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2015.
7. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю. В. Завадский. – М. : Транспорт, 1977. – 72 с.

8. Основы системного анализа и проектирования АСУ: Учеб. пособие для студ. спец. „Автоматизированные системы обработки информации и управления” /А.А.Павлов и др. Под общ. ред. А.А.Павлова. -К.: Выща школа, 1991. -364с.

Інформаційні ресурси

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>