

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра інформаційних систем

Затверджено

На засіданні
кафедри інформаційних систем
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28.08.2023 р.)



Завідувач кафедри **Георгій ШИНКАРЕНКО**

Силабус з навчальної дисципліни
“Комп’ютерні методи фінансової математики”,
що викладається в межах ОПП “Інформатика”
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності
122 Комп’ютерні науки

Назва дисципліни	Комп'ютерні методи фінансової математики
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра інформаційних систем
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань: 12 Інформаційні технології Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки
Викладачі дисципліни	Стельмашук Віталій Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних систем (лекції та лабораторні заняття); Вовк Володимир Дмитрович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних систем (лабораторні заняття); Шинкаренко Георгій Андрійович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем (лабораторні заняття).
Контактна інформація викладачів	vitalii.stelmashchuk@lnu.edu.ua https://ami.lnu.edu.ua/employee/stelmaschuk-v-v vovk@lnu.edu.ua https://ami.lnu.edu.ua/employee/vovk-volodymyr heorhiy.shynkarenko@lnu.edu.ua https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 261. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю та за умови проведення аудиторних занять). Також можливі он-лайн консультації у Microsoft Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/course/computational-finance-122-kn
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Комп'ютерні методи фінансової математики” є вибірковою навчальною дисципліною з блоку “Прикладна інформатика” спеціальності “122 – комп'ютерні науки” для освітньої програми “Інформатика”, яка викладається в 1-му семестрі в обсязі 6-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна знайомить студентів з деякими моделями окремих аспектів інвестиційного ринку та комп'ютерними методами, що застосовуються для чисельного розв'язування таких задач.
Мета та цілі дисципліни	1. Ознайомити студентів з основними поняттями інвестиційного ринку, стохастичними процесами, моделлю Блека-Шоулза для оцінки вартості опціону та моделями відсоткових ставок. Розглянути застосування чисельних методів для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь та для розв'язування рівняння Блека-Шоулза. 2. Навчити застосовувати отримані теоретичні знання на практиці: розробка програм для розв'язування рівняння Блека-Шоулза методами Монте-Карло, скінченних різниць, скінченних елементів, біноміальним методом, а також для розв'язування стохастичних диференціальних

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>рівнянь методами Ейлера-Маруяма та Мільштейна.</p> <p style="text-align: center;">Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gilli M. Numerical Methods and Optimization in Finance. 2nd ed. / M. Gilli, D. Martinger, E. Schumann. – Academic Press, 2019. – 638p. 2. Hull J. Options, Futures and Other Derivatives. 11th ed. / J. Hull. – Harlow:Pearson, 2021. – 882p. 3. Kelliher C. Quantitative Finance with Python: A Practical Guide to Investment Management, Trading, and Financial Engineering. 1st ed. / C. Kelliher. – Chapman and Hall/CRC, 2022. – 659p. 4. Larcher G. The Art of Quantitative Finance Vol. 2: Volatilities, Stochastic Analysis and Valuation Tools (Springer Texts in Business and Economics) / G. Larcher. – Springer, 2023. – 353p. 5. Mariani M.C. Quantitative Finance. 1st ed. / M.C. Mariani, I. Florescu. – Wiley, 2020. – 466p. <p style="text-align: center;">Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Duffy D.J. Numerical Methods in Computational Finance: A Partial Differential Equation (PDE/FDM) Approach. 1st ed. / D.J. Duffy. – Wiley, 2022. – 544p. 2. Hilpisch Y. Financial Theory with Python. A Gentle Introduction / Y. Hilpisch. – O`Reilly, 2021. – 201p. 3. Larcher G. The Art of Quantitative Finance Vol. 1: Trading, Derivatives and Basic Concepts (Springer Texts in Business and Economics) / G. Larcher. – Springer, 2023. – 353p. 4. Mazzoni T. A First Course in Quantitative Finance. / T. Mazzoni. – Cambridge University Press, 2018. – 600p. 5. Oosterlee C.W. Mathematical Modeling and Computation in Finance / C. W. Oosterlee, L. A. Grzelak. – World Scientific, 2019. – 576p. 6. Pages G. Numerical Probability: An Introduction with Applications to Finance. 1st ed. / G. Pages. – Springer, 2018. – 600p. 7. Petters A.O. An Introduction to Mathematical Finance with Applications. Understanding and Building Financial Intuition / A. O. Petters, X. Dong. – Springer, 2016. – 500p. 8. Seydel R.U. Tools for Computational Finance. 6th ed. / R.U. Seydel. – London: Springer-Verlag, 2017. – 508p.
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Загальний обсяг: 180 годин. З них 64 год. аудиторних занять (32 год. лекцій та 32 год. лабораторних робіт) і 116 год. самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основні поняття інвестиційного ринку; - теоретичні основи стохастичних процесів, вінерівських процесів, геометричного броунівського руху, числення Іто; - методи Ейлера-Маруяма, Мільштейна, Рунге-Кутти для розв'язування стохастичного диференціального рівняння Іто; - типи опціонів; - модель Блека-Шоулза для оцінки вартості опціону; - метод Монте-Карло для оцінки вартості опціону; - біноміальний метод для оцінки вартості опціону; - метод скінченних різниць для оцінки вартості опціону; - метод скінченних елементів для оцінки вартості опціону; - процес Орнштейна-Уленбека; - модель Васічека для відсоткової ставки. <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - моделювати вінерівський процес, геометричний броунівський рух;

	<ul style="list-style-type: none"> - застосовувати методи Ейлера-Маруями, Мільштейна для чисельного розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто; - застосовувати методи Монте-Карло, біноміальний, скінченних різниць та скінченних елементів для рівняння Блека-Шоулза; - застосовувати метод Монте-Карло та модель Васічека для оцінки вартості облігацій. <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей: ІК, ЗК 1-5, СК 3, СК 5-7 та програмних результатів навчання: ПРН 1-3, ПРН 7, ПРН 16.</p>																																																	
Ключові слова	Фінансова математика, акції та облігації, опціони, відсоткова ставка, стохастичний процес, вінерівський процес, процес Іто, числення Іто, лема Іто, геометричний броунівський рух, метод Ейлера-Маруями, метод Мільштейна, модель Блека-Шоулза, метод Монте-Карло, біноміальний метод, метод скінченних різниць, метод скінченних елементів, процес Орнштейна-Уленбека, модель Васічека.																																																	
Формат курсу	Очний. Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.																																																	
Теми	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Тиж-день</th> <th>Тема, план, короткі тези</th> <th>Форма заняття</th> <th>Література</th> <th>Тривалість, ак. год.</th> <th>Термін виконання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1</td> <td><i>Вступ. Організація курсу. Базові поняття фінансового ринку. Вартість грошей у часі</i></td> <td><i>лекція</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Вартість грошей у часі для дискретної та неперервної моделі</i></td> <td><i>лабораторна робота</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td><i>Під час заняття</i></td> </tr> <tr> <td><i>Опрацювання матеріалів лекції</i></td> <td><i>самостійна робота</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">2</td> <td><i>Стохастичні процеси. Вінерівські процеси. Броунівський рух. Геометричний броунівський рух. Процес Іто. Лема Іто</i></td> <td><i>лекція</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Симуляція вінерівського процесу та геометричного броунівського руху</i></td> <td><i>лабораторна робота</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td><i>Під час заняття</i></td> </tr> <tr> <td><i>Опрацювання матеріалів лекції</i></td> <td><i>самостійна робота</i></td> <td><i>[2, 5]</i></td> <td><i>8</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3</td> <td><i>Метод Ейлера-Маруями для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто</i></td> <td><i>лекція</i></td> <td><i>[5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Індивідуальне завдання 1 (Методи Ейлера-Маруями та Мільштейна для оцінки вартості акцій) – 10 балів</i></td> <td><i>лабораторна робота</i></td> <td><i>[5]</i></td> <td><i>2</i></td> <td><i>Протягом двох тижнів</i></td> </tr> </tbody> </table>	Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма заняття	Література	Тривалість, ак. год.	Термін виконання	1	<i>Вступ. Організація курсу. Базові поняття фінансового ринку. Вартість грошей у часі</i>	<i>лекція</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>		<i>Вартість грошей у часі для дискретної та неперервної моделі</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>	<i>Під час заняття</i>	<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>		2	<i>Стохастичні процеси. Вінерівські процеси. Броунівський рух. Геометричний броунівський рух. Процес Іто. Лема Іто</i>	<i>лекція</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>		<i>Симуляція вінерівського процесу та геометричного броунівського руху</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>	<i>Під час заняття</i>	<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>8</i>		3	<i>Метод Ейлера-Маруями для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто</i>	<i>лекція</i>	<i>[5]</i>	<i>2</i>		<i>Індивідуальне завдання 1 (Методи Ейлера-Маруями та Мільштейна для оцінки вартості акцій) – 10 балів</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[5]</i>	<i>2</i>	<i>Протягом двох тижнів</i>
Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма заняття	Література	Тривалість, ак. год.	Термін виконання																																													
1	<i>Вступ. Організація курсу. Базові поняття фінансового ринку. Вартість грошей у часі</i>	<i>лекція</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>																																														
	<i>Вартість грошей у часі для дискретної та неперервної моделі</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>	<i>Під час заняття</i>																																													
	<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>																																														
2	<i>Стохастичні процеси. Вінерівські процеси. Броунівський рух. Геометричний броунівський рух. Процес Іто. Лема Іто</i>	<i>лекція</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>																																														
	<i>Симуляція вінерівського процесу та геометричного броунівського руху</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>2</i>	<i>Під час заняття</i>																																													
	<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	<i>[2, 5]</i>	<i>8</i>																																														
3	<i>Метод Ейлера-Маруями для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто</i>	<i>лекція</i>	<i>[5]</i>	<i>2</i>																																														
	<i>Індивідуальне завдання 1 (Методи Ейлера-Маруями та Мільштейна для оцінки вартості акцій) – 10 балів</i>	<i>лабораторна робота</i>	<i>[5]</i>	<i>2</i>	<i>Протягом двох тижнів</i>																																													

		<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[5]	2	
		<i>Розробка програмної реалізації методу Ейлера-Маруяма (частина Інд. завд.1)</i>	<i>самостійна робота</i>	[5]	2	
4		<i>Методи Мільштейна та Рунге-Кутти для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто</i>	<i>лекція</i>	[5]	2	
		<i>Обговорення та захист індивідуальних завдань</i>	<i>лабораторна робота</i>	[5]	2	<i>Під час заняття</i>
		<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[5]	4	
		<i>Розробка програмної реалізації методу Мільштейна. Дослідити значення абсолютної похибки отриманих розв'язків (Інд. завд.1)</i>	<i>самостійна робота</i>	[5]	4	
5		<i>Опціони. Call/Put опціони. Європейський, американський та екзотичні опціони</i>	<i>лекція</i>	[2, 4]	2	
		<i>Обговорення та захист індивідуальних завдань</i>	<i>лабораторна робота</i>	[5]	2	<i>Під час заняття</i>
		<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[2, 4]	8	
6		<i>Модель Блека-Шоулза (Black-Scholes model). Виведення рівнянь. Приведення до рівняння теплопровідності. Аналітичний розв'язок для європейського опціону</i>	<i>лекція</i>	[2, 5]	2	
		<i>Аналітичний розв'язок для європейського Call і Put опціону</i>	<i>лабораторна робота</i>	[2, 5]	2	<i>Під час заняття</i>
		<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[2, 5]	8	
7		<i>Модель Блека-Шоулза (Black-</i>	<i>лекція</i>	[2, 3, 5]	2	

		<i>Scholes model</i> . «Греки»(<i>delta, gamma, vega, theta, rho</i>). Метод Монте-Карло для оцінки європейського опціону				
		Індивідуальне завдання 2 (Метод Монте-Карло для оцінки європейського опціону) – 10 балів	лабораторна робота	[4, 5]	2	Протягом двох тижнів
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[2, 3, 5]	8	
		Розробка програми для Інд. завд. 2	самостійна робота	[4, 5]	4	
8		Біноміальні методи для оцінки вартості опціону	лекція	[1, 4, 5]	2	
		Обговорення та захист індивідуальних завдань	лабораторна робота	[1-5]	2	Під час заняття
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1, 4, 5]	4	
9		Біноміальні методи для оцінки вартості опціону (продовження)	лекція	[1, 4, 5]	2	
		Індивідуальне завдання 3 (Біноміальний метод для оцінки вартості європейського та американського опціонів) – 10 балів	лабораторна робота	[1, 4, 5]	2	Протягом двох тижнів
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1, 4, 5]	4	
		Розробка програмної реалізації біноміального методу (Інд. завд. 3)	самостійна робота	[1, 4, 5]	8	
10		Метод скінченних різниць. Базові поняття	лекція	[1]	2	
		Обговорення та захист індивідуальних завдань	лабораторна робота	[1-5]	2	Під час заняття
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1]	4	
11		Метод скінченних різниць для моделі Блека-Шоулза	лекція	[1, 5]	2	
		Індивідуальне завдання 4 (Знаходження вартості європейського	лабораторна робота	[1, 5]	2	Протягом двох тижнів

		опціону з моделі Блека-Шоулза методом скінченних різниць) – 20 балів				
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1, 5]	4	
		Розробка програми для Інд. завд. 4	самостійна робота	[1, 5]	8	
12		Метод скінченних елементів для моделі Блека-Шоулза	лекція	[1-5]	2	
		Обговорення та захист індивідуальних завдань	лабораторна робота	[1, 5]	2	Під час заняття
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1-5]	4	
13		Метод скінченних елементів для моделі Блека-Шоулза (продовження)	лекція	[1-5]	2	
		Індивідуальне завдання 5 (Знаходження вартості європейського опціону з моделі Блека-Шоулза методом скінченних елементів) – 20 балів.	лабораторна робота	[1-5]	2	Протягом трьох тижнів
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[1-5]	8	
		Розробка програми для Інд. завд. 5	самостійна робота	[1-5]	8	
14		Моделювання відсоткових ставок. Процес Орнштейна-Уленбека. Модель Васічека	лекція	[2, 4]	2	
		Симуляція процесу Орнштейна-Уленбека. Обговорення та захист індивідуальних завдань	лабораторна робота	[2, 4]	2	Під час заняття
		Опрацювання матеріалів лекції	самостійна робота	[2, 4]	4	
15		Облігації з нульовим купоном (дисконтні облігації). Застосування моделі Васічека для оцінки їх ціни	лекція	[2, 3, 4]	2	

	<p><i>Індивідуальне завдання 6 (Застосування методу Монте-Карло та моделі Васічека для оцінки вартості облігацій з нульовим купоном) – 10 балів</i></p>	<i>лабораторна робота</i>	[2, 3, 4]	2	<i>Протягом одного тижня</i>
	<i>Опрацювання матеріалів лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[2, 3, 4]	2	
	<i>Розробка програми для Інд. завд. 6</i>	<i>самостійна робота</i>	[2, 3, 4]	4	
16	<i>Підсумкова лекція з обговоренням курсу</i>	<i>лекція</i>	[1-5]	2	
	<i>Підготовка до тесту за матеріалами лекції</i>	<i>самостійна робота</i>	[1-5]	4	
	<i>Проходження тесту за матеріалами лекції</i>	<i>лабораторна робота</i>	[1-5]	2	<i>Під час заняття</i>
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру у формі тестового контролю				
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з курсів</p> <ul style="list-style-type: none"> - Програмування (Python, C# чи Java); - Математичний аналіз; - Чисельні методи; - Теорія імовірностей та математична статистика. 				
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції. Індивідуальні завдання				
Необхідне обладнання	<p>Для проведення лекцій: комп'ютер, проектор.</p> <p>Для проведення лабораторних та виконання завдань: комп'ютер, доступ до інтернету.</p>				
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • індивідуальні завдання: 80% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 80; • теоретичний тест за матеріалами лекцій: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 20. <p>Академічна доброчесність: Очікується, що розроблені програми студентів будуть результатами їх оригінальних досліджень чи міркувань. Виявлення ознак академічної недоброчесності в програмі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лабораторні заняття курсу. Студенти повинні</p>				

	<p>інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для задачі індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при виконанні індивідуальних завдань та бали підсумкового тестування. При цьому недопустим є: користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дискретна та неперервна моделі вартості грошей в часі. 2. Акції та облигації. 3. Опціони, типи опціонів, європейський опціон, американський опціон, Call та Put опціони. 4. Відношення між американськими та європейськими опціонами. 5. Put/Call паритет для європейського та американського опціонів. 6. Стохастичні процеси. 7. Вінерівський процес. 8. Броунівська модель ціни фінансових активів. 9. Геометричний броунівський рух. 10. Процеси Іто, стохастичні диференціальні рівняння Іто. 11. Лема Іто. 12. Аналітичний розв'язок стохастичного рівняння, що описує геометричний броунівський рух. 13. Метод Ейлера-Маруями для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто. 14. Сильна та слабка збіжність методу Ейлера-Маруями. 15. Метод Мільштейна для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто. 16. Сильна та слабка збіжність методу Мільштейна. 17. Методи Рунге-Кутти для розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь Іто. 18. Модель Блека-Шоулза. Фундаментальні припущення моделі. 19. Модель Блека-Шоулза. Виведення рівняння Блека-Шоулза. 20. Зведення рівняння Блека-Шоулза до рівняння теплопровідності. 21. Аналітичний розв'язок рівняння Блека-Шоулза для європейського опціону. Формули Блека-Шоулза. 22. Модель Блека-Шоулза. «Реки». 23. Метод Монте-Карло для оцінки вартості європейського опціону. 24. Біноміальний метод для оцінки вартості європейського опціону. 25. Біноміальний метод для оцінки вартості американського опціону. 26. Основи методу скінченних різниць. Різницеві апроксимації. 27. Явні та неявні різницеві методи. 28. Різницева схема Кранка-Ніколсона. 29. Метод скінченних різниць для чисельного розв'язування рівняння Блека-Шоулза. 30. Метод скінченних елементів для рівняння Блека-Шоулза. Варіаційна постановка задачі. 31. Метод скінченних елементів для рівняння Блека-Шоулза.

	<p>Напівдискретизація методом Гальоркіна з використанням базових функцій Куранта.</p> <p>32. Метод скінченних елементів для рівняння Блека-Шоулза. Дискретизація в часі. Застосування схеми Кранка-Ніколсона.</p> <p>33. Метод скінченних елементів для рівняння Блека-Шоулза. Застосування крайових умов, що відповідають європейському опціону.</p> <p>34. Стохастичний процес Орнштейна-Уленбека.</p> <p>35. Модель Васічека для відсоткової ставки.</p> <p>36. Облігації з нульовим купоном та оцінка їх вартості.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>