



Прикладний нелінійний аналіз

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній / весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор, Касьянов Павло Олегович, kasyanov.pavlo@iit.kpi.ua https://www.facebook.com/pkasyanov https://www.linkedin.com/in/pavlokasyanov/ https://www.researchgate.net/profile/Pavlo_Kasyanov Практичні / Семінарські: доктор фізико-математичних наук, професор, Касьянов Павло Олегович, kasyanov.pavlo@iit.kpi.ua https://www.facebook.com/pkasyanov https://www.linkedin.com/in/pavlokasyanov/ https://www.researchgate.net/profile/Pavlo_Kasyanov</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2119</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у здобувачів третього рівня вищої освіти (PhD) здібностей формулювати наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми на основі глибокого осмислення наявних та створення нових цілісних знань, а також професійної практики, здатність застосовувати методологію системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язання системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики. Зокрема, застосовувати сучасний математичний апарат та основами нелінійного та багатозначного аналізу для вирішення задач; якісно аналізувати нелінійні системи диференціальних рівнянь з частинними похідними з багатозначною або розривною правою частиною, використовуючи базові теоретичні та практичні методи нелінійного аналізу, а також аспіранти мають оволодіти наступними **компетентностями**:

загальними - ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; ЗК 3 Здатність спілкуватися іноземною мовою в обсязі достатньому для представлення та

обговорення результатів своєї наукової роботи в усній та письмовій формі, а також для повного розуміння іншомовних наукових текстів зі спеціальності; ЗК 4 Здатність самостійно проводити дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір засобів та методів дослідження, а також оцінку його якості; ЗК 7 Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення;

фаховими – ФК 2 Здатність дотримуватись морально-етичних правил поведінки, етики досліджень, характеристик для учасників академічного середовища, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях.

По завершенню курсу здобувачі третього рівня вищої освіти мають **набути такі програмні результати навчання**: ПРН 7 Знати методи прикладного нелінійного аналізу та використовувати їх при розробці математичних моделей нелінійних нестационарних процесів; ПРН 9 Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами; ПРН 17 Читати та розуміти іншомовні тексти за спеціальністю; вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми галузі державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях; ПРН 18 Дотримуватися правил академічної доброчесності; знати і дотримуватися основних засад академічної доброчесності у науковій і освітній (педагогічній) діяльності.

Предмет вивчення.

Складні нелінійні системи, прикладні задачі нелінійного аналізу різної природи.

Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

основних понять, підходів та методів нелінійного та багатозначного аналізу, основних методів якісного аналізу нелінійних систем диференціальних рівнянь з частинними похідними;

уміння:

користуватися сучасним математичним апаратом та основами нелінійного та багатозначного аналізу; застосовувати базові теоретичні та практичні методи якісного аналізу нелінійних систем диференціальних рівнянь з частинними похідними з багатозначною або розривною правою частиною;

досвід:

застосування методології нелінійного та багатозначного аналізу до конкретних задач, що є математичними моделями процесів різної природи

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Базовий рівень володіння англійською мовою, вища математика, програмування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1.

Розділ 1. Елементи прикладного нелінійного аналізу

1.1. Елементи прикладного функціонального аналізу

1.1.1. Метричні простори. Основні поняття та теореми.

1.1.2. Нормовані простори. Задачі апроксимації в нормованих просторах.

1.1.3. Функціонали. Спряжені простори. Диференціювання в нормованих просторах.

- 1.1.4. *Задачі варіаційного числення.*
- 1.2. *Варіаційні нерівності в скінченновимірному просторі.*
 - 1.2.1. *Нерухомі точки. Властивості проєкції на опуклу множину.*
 - 1.2.2. *Перша теорема про варіаційні нерівності. Варіаційні нерівності. Деякі задачі, що призводять до варіаційних нерівностей.*
- 1.3. *Варіаційні нерівності в гільбертовому просторі.*
 - 1.3.1. *Білінійні форми. Існування розв'язків. Зрізка.*
 - 1.3.2. *Простори Соболева та граничні задачі. Слабкий принцип максимуму.*
 - 1.3.3. *Задача з перешкодою. Початкові властивості. Задача з перешкодою в одновимірному випадку.*
- 1.4. *Властивості розв'язків варіаційних нерівностей. Проблеми регулярності.*
 - 1.4.1. *Абстрактна теорема існування.*
 - 1.4.2. *Некоерцитивні оператори. Напівлінійні рівняння.*
 - 1.4.3. *Квазілінійні оператори.*
 - 1.4.4. *Метод штрафу. Інтеграл Діріхле.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Всі необхідні матеріали містяться на платформі Sikorsky (Moodle KPI)

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2119>

Базова:

1. *Елементи нелінійного аналізу. Частина I: Вступ до прикладного функціонального аналізу / О.В. Капустян, Н.В. Горбань, Л.С. Палійчук, І.Д. Фартушний, О.В. Хоменко. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 106 с.*
2. *Колмогоров А.М. Елементи теорії функцій і функціонального аналізу / Колмогоров А.М., Фомін С.В. – К.: Вища школа, 1974. – 456 с.*
3. *Aubin J.-P. Set-valued analysis / J.-P. Aubin, H. Frankowska. – Boston: Birkhauser, 1990. – 461 p.*

Додаткова:

1. *Bellman R. Dynamic Programming / Bellman R. – Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1957.*
2. *Berge C. Topological Spaces / Berge C. – New York: Macmillan, 1963. – 270 p.*
3. *Bertsekas D.P. Infinite-time reachability of state-space regions by using feedback control / D.P. Bertsekas // IEEE Trans. Automatic Control, AC-17. - 1972. – P. 604 – 613.*
4. *Bertsekas D.P. Dynamic Programming and Stochastic Control / D.P. Bertsekas. – New York: Academic Press, 1976.*
5. *Bertsekas D.P. Stochastic Optimal Control: The Discrete-Time Case / D.P. Bertsekas, S.E. Shreve. – Belmont, MA: Athena Scientific, 1996. – 330 p.*
6. *Blackwell D. On stationary policies / D. Blackwell // J. Roy. Statist. Soc. – 1970. – Vol. 133A. – P. 33 – 37.*
7. *Bogachev V. Measure Theory. Volume II / Bogachev V. – Berlin: Springer-Verlag, 2007. – 586 p.*
8. *Chen X. Coordinating Inventory Control and Pricing Strategies with Random Demand and Fixed Ordering Cost: The Infinite Horizon Case / Xin Chen, David Simchi-Levi // Mathematics of Operation Research. – 2004. – Vol. 29, No. 3. – P. 698 – 723. 146*

9. Clarke F.H. *Optimization and Nonsmooth Analysis* / Clarke F.H. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1983. – 308 p.
10. Derman C. *Finite State Markovian Decision Processes* / Derman C. – New York: Academic Press, 1970.
11. Feinberg E.A. *Optimality Inequalities for Average Cost Markov Decision Processes and the Stochastic Cash Balance Problem* / Eugene Feinberg, Mark Lewis // *Mathematics of Operation Research*. – 2007. – Vol. 32, No. 4. – P. 769 – 783.
12. Halmos P.R. *Measure Theory* / Halmos P.R. – Princeton, New Jersey: Van Nostrand-Reinhold, 1950.
13. Hernandez-Lerma O. *Average optimality in dynamic programming on Borel spaces – Unbounded costs and controls* / O. Hernandez-Lerma // *Systems & Control Letters*. – 1991. – Vol. 27. – P. 237 – 242.
14. Hernandez-Lerma O. *Discrete-Time Markov Control Processes: Basic Optimality Criteria* / O. Hernandez-Lerma, J.B. Lasserre. – New York: Springer, 1996. – 216 p.
15. Hernandez-Lerma O. *Monotone approximations for convex stochastic control problems* / Onesimo Hernandez-Lerma, Wolfgang Runggaldier // *J. Math. Syst., Estimation, and Control*. – 1994. – Vol. 4. – P. 99 – 140.
16. Kushner H. *Introduction to Stochastic Control* / Kushner H. – New York: Holt, 1971.
17. Ornstein D. *On the existence of stationary optimal strategies* / D.Ornstein // *Proc. Amer. Math. Soc.* – 1969. – Vol. 20. – P. 563 – 569.
18. Ortega J.M. *Iterative Solutions of Nonlinear Equations in Several Variables* / J.M. Ortega, W.C. Rheinboldt. – New York: Academic Press, 1970.
19. Rieder U. *Measurable selection theorems for optimization problems* / U. Rieder // *Manuscripta Math.* – 1978. – Vol. 24. – P. 115 – 131.
20. Schal M. *Average optimality in dynamic programming with general state space* / M. Schal // *Math. Oper. Res.* – 1993. – Vol. 18, No. 1. – P. 163 – 172.
21. Schal M. *A Selection Theorem for Optimization Problems* / M. Schal // *Arch. Math.* – 1974. – Vol. 25. – P. 219 – 224.
22. Schochetman I. E. *Existence and Discovery of Average Optimal Solutions in Deterministic Infinite Horizon Optimization* / Irwin Schochetman, Robert Smith // *Mathematics of Operations Research*. – 1998. – Vol. 23, No. 2. – P. 416 – 432.
23. Serfozo R. *Convergence of Lebesgue integrals with varying measures* / R. Serfozo // *The Indian Journal of Statistics (Series A)*. – 1982. – Vol. 44. – P. 380 – 402.
24. Strauch R.E. *Negative dynamic programming* / R.E. Strauch // *Ann. Math. Statist.* – 1966. – Vol. 37. – P.871 – 890.
25. Wachs A.O. *Average Optimality in Nonhomogeneous Infinite Horizon Markov Decision Processes* / A.O. Wachs, I.E. Schochetman, R.L. Smith // *Mathematics of Operations Research*. – 2011. – Vol. 36, No. 1. – P. 147 – 164.
26. Zgurovsky M.Z. *Evolution Inclusions and Variation Inequalities for Earth Data Processing I* / Zgurovsky M.Z., Mel'nik V.S., Kasyanov P.O. – Berlin: Springer, 2011. – 247 p.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1. Лекційні заняття

№ з/ п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Метричні простори. Основні поняття та теореми [1]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
2	<i>Нормовані простори. Задачі апроксимації в нормованих просторах [1]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
3	<i>Функціонали. Спряжені простори. Диференціювання в нормованих просторах [1]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
4	<i>Задачі варіаційного числення [1]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
5	<i>Нерухомі точки. Властивості проєкції на опуклу множину [2,3]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
6	<i>Перша теорема про варіаційні нерівності. Варіаційні нерівності. Деякі задачі, що призводять до варіаційних нерівностей [3,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
7	<i>Білінійні форми. Існування розв'язків. Зрізка [2,3]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
8	<i>Простори Соболева та граничні задачі. Слабкий принцип максимуму [3,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
9	<i>Задача з перешкодою. Початкові властивості. Задача з перешкодою в одновимірному випадку [3,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
10	<i>Абстрактна теорема існування [2,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
11	<i>Некоерцитивні оператори. Напівлінійні рівняння [2,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
12	<i>Квазілінійні оператори [2,8]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>
13	<i>Метод штрафу. Інтеграл Діріхле [2,3]. Завдання для самостійної роботи: опрацювати теоретичний матеріал за конспектом</i>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів полягає в опрацюванні матеріалів та виконанні завдань на платформі дистанційного навчання Sikorsky (Moodle KPI) <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2119> підготовці до екзамену.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимагається належне виконання усіх завдань на платформі дистанційного Sikorsky (Moodle KPI) <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2119> згідно вимог та індивідуальної стратегії, яку визначає аспірант самостійно або, за необхідності, під науковим керівництвом викладача / наукового керівника.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: кожен аспірант визначає стратегію виконання завдань (самостійно або, за необхідності, під науковим керівництвом викладача / наукового керівника), ставлячи на меті одержати в кінці семестру 100 балів.

Види контролю :

- 1) дві відповіді (кожного студента в середньому) на практичних заняттях (за умови, що на одному занятті в середньому опитуються 8 студентів при максимальній чисельності групи 30 осіб);
- 2) виконання однієї контрольної роботи (в дистанційному режимі – тестів та завдань).

СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ БАЛІВ

1. Практичне заняття

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 20 балів X 2 =40 балів.

Критерії оцінювання:

- 0–8 балів – задача не розв’язана, при цьому студент володіє певними теоретичними відомостями щодо теми практичного заняття;
- 9–14 балів – задача розв’язана не до кінця або розв’язок містить грубі технічні недоліки, при цьому студент вільно володіє теоретичними відомостями щодо теми практичного заняття;
- 15–20 балів – задача в цілому розв’язана, при цьому студент вільно володіє теоретичними відомостями щодо теми практичного заняття.

2. Модульний контроль.

Максимальні кількість балів за контрольну роботу (проект) дорівнює 60 балів.

Критерії оцінювання:

- 0–20 балів – задача в цілому не розв’язана або розв’язок містить грубі технічні недоліки, відповіді на теоретичне питання немає;
- 21–50 балів – задача в цілому розв’язана, теоретичне питання розкрито;
- 51–60 балів – задача розв’язана, відповідь на теоретичне питання є вичерпною.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисциплін надається від 15 до 30 заохочувальних балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менш ніж 10 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менш ніж 20 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з контрольної роботи. Для отримання заліку з кредитного модуля "автоматом" потрібно мати рейтинг не менш ніж 60 балів, а також зараховану контрольну роботу (більш ніж 30 балів).

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують залікову роботу. При цьому до балів з контрольної роботи додаються бали за залікову роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох питань робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Додаткове питання з тем практичних занять отримують студенти, які не приймали участі у роботі певного практичного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 4 бали.

Кожне питання оцінюється з 20 балів відповідно до системи оцінювання:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20...18 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 17...14 бал;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 13...11 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів: за кожне з двох запитань залікової роботи та контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Бали Оцінка

100...95 Відмінно

94...85 Дуже добре

84...75 Добре

74...65 Задовільно

64...60 Достатньо

Менше 60 Незадовільно

ДКР не зараховано Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Всі необхідні матеріали містяться на платформі навчання Sikorsky (Moodle KPI)

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2119>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено директор ІПСА, д.ф.-м.н., професор, Касьянов Павло Олегович

акад НАН України, д.т.н., проф. Михайло Захарович Згуровський

Ухвалено кафедрою математичних методів системного аналізу (протокол № 11 від 08.07.2022р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 8 від 17.06.2022р.)