НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою Інституту
прикладного системного
аналізу від 26.02.2018 р.,
протокол № 2
Заступник голови Вченої ради
В.Д.Романенко
«26» лютого 2018 р.

ПРОГРАМА
комплексного фахового випробування
для вступу на програму підготовки магістра
за спеціальністю 124 Системний аналіз

Програму розглянуто
і рекомендовано на засіданні
кафедри математичних методів
системного аналізу
від 21.02.2018 р., протокол № 7
В. о. завідувача кафедри
О.Л.Тимощук
«21» лютого 2018 р.

Київ
2018

ВСТУП

Програма вступного комплексного фахового випробування на навчання за освітньо-професійною програмою підготовки «Магістр» за спеціальністю 124 Системний аналіз (далі — Програма) призначена для отримання досвіду самостійної роботи абітурієнта з підготовки до екзамену.

Метою програми є формування у абітурієнтів здатності ознайомитися із предметними питаннями курсів навчальних дисциплін, що включені в екзаменаційні білети; опрацювати підручники, навчальні посібники та інші інформаційно-літературні джерела предметної області знання; осмислено упорядочити і систематизувати засвоєні теоретичні знання і практичні навички; вмотивовано виконати роботу на екзамені, продемонструвавши певний рівень засвоєння навчальних дисциплін в результаті навчання.

Перелік навчальних дисциплін цієї Програми складають такі, що належать до циклу «базової підготовки» навчального плану підготовки бакалавра напряму 6.040303 Системний аналіз:

1) Аналіз часових рядів
2) Методи оптимізації та дослідження операцій
3) Чисельні методи

Вступний екзамен проводиться чотири академічних години без перерви (180 хвилин), в аудиторному приміщенні випускової кафедри, методом одержання екзаменаційного білету-повернення письмової роботи. Завданням на екзамені є розв'язання завдань екзаменаційного білету. Екзаменаційний білет містить п'ять практичних за типом завдань. Диференціації робочого часу, відведеного на виконання кожного завдання, немає. Фіксується час початку і закінчення роботи.

ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЩО ВИНОСИТЬСЯ НА ФАХОВЕ ВИПРОБУВАННЯ

1. Навчальна дисципліна «Аналіз часових рядів»

1.1. Методика побудови моделі часового ряду

Типи регресійних моделей для опису статистичних даних у формі часових рядів.

Вимоги до статистичних даних, оцінок параметрів моделей і моделей у цілому.

Поняття структури математичної моделей часового ряду; поняття стаціонарності процесів, поданих статистичними даними.

Попередня підготовка даних для побудови моделі.

Оцінювання структури моделі на основі розрахунку кореляційних характеристик даних і використання статистичних тестів на лінійність та нестаціонарність.

Оцінювання параметрів моделі за допомогою методу найменших квадратів (МНК), методу максимальної правдоподібності (ММП) та методу Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ).

Аналіз адекватності моделей-кандидатів за множиною статистичних характеристик якості, вибір кращої моделі.

1.2. Застосування різницевих рівнянь до опису часових рядів

Поняття різниць та різницевого рівняння (РР).

Знаходження повних розв'язків рівнянь низьких порядків ітераційним методом; аналіз збіжності розв'язків.

Загальна методика знаходження однорідних рівнянь вищих порядків з використанням коренів характеристичних рівнянь (ХР); три випадки (дійсні різні корені ХР, кратні та комплексні корені).

Методика знаходження неоднорідних розв'язків стохастичних РР.

Знаходження повних розв'язків РР.

Умови збіжності повних розв'язків РР.

1.3. Застосування РР до прогнозування часових рядів

Умовні та безумовні статистичні характеристики випадкових процесів, означення прогнозу.

Коротко- та середньострокове прогнозування без знаходження розв'язків РР.

Статистичні критерії якості оцінок прогнозів.

Побудова функцій прогнозування на довільну кількість кроків на основі лінійних різницевих рівнянь.

Обчислення оцінок прогнозів на основі розв'язків різницевих рівнянь.

Комбінування оцінок прогнозів, обчислених альтернативними методами.

Довгострокове прогнозування нестаціонарних процесів за моделями трендів.

1.4. Застосування лагових операторів при побудові моделей часових рядів

Подання різницевих рівнянь за допомогою лагових операторів.

Властивості лагових операторів, альтернативні форми РР.

Знаходження розв'язків РР за допомогою лагових операторів.

Знаходження розв'язків РР у «прямому» напрямі за допомогою лагових операторів.

Застосування операторів зсуву в теорії керування та аналізі часових рядів.

Список літератури [1, 2, 3, 4].

2. Навчальна дисципліна «Методи оптимізації та дослідження операцій»

2.1. Лінійне програмування (ЛП)

Метод розв'язання задач ЛП з довільним видом обмежень, оснований на штучних змінних.

Двоїста задача ЛП. Двоїстий симплекс-метод.

Метод оберненої матриці.

Дослідження меделей ЛП-задач на чутливість.

Транспортні задачі. Метод потенціалів.

2.2. Дискретне програмування (ДП)

Метод відсікаючих площин Гоморі.

Метод гілок та меж.

Метод гілок та меж в задачі комівояжера.

Метод послідовного аналізу та відсіву варіантів (ПАВ) в задачі ЛЦП.

Метод послідовного аналізу та відсіву варіантів (ПАВ) в задачі булево програмування.

2.3. Нелінійне програмування

Задача квадратичного програмування. Умови оптимальності Куна-Таккера для задач квадратичного програмування.

Метод розв'язання загальної задачі геометричного програмування ГП з ступенем складності $d > 0$.

Методи можливих напрямків. Метод Зойтендейка у випадку лінійних обмежень.

Методи можливих напрямків. Метод Зойтендейка у випадку нелінійних обмежень-нерівностей.

Прямі методи пошуку.

Задача безумовної оптимізації. Задача умовної оптимізації.

Необхідні умови оптимальності першого та другого порядку. Критерій Сильвестра. Достатні умови оптимальності.

Поняття лінії рівня. Геометрична інтерпретація.

Класична задача на умовний екстремум. Множники Лагранжа. Умови регулярності. Геометрична інтерпретація. Теореми про необхідні та достатні умови в класичній задачі на умовний екстремум. Опуклі множини. Поліедральні множини.

Задача про екстремум квадратичної функції на сфері одиничного радіусу. Операції над опуклими множинами. Поняття опуклої комбінації та опуклої оболонки. Теорема про опуклу комбінацію точок опуклої множини. Нерівність Йенсена.

Поняття конуса та опуклого конуса. Конічна оболонка множини. Спряжений конус. Поняття гіперплощини та півпросторів, що породженні гіперплощиною. Віддільність та строга віддільність. Теореми віддільності.

Опуклі функції. Строга опуклість. Надграфік функції. Друге означення опуклої функції. Індикаторна функція. Операції над опуклими функціями.

Опукла задача оптимізації. Теореми про властивості розв'язків опуклої задачі. Поняття дотичної гіперплощини. Теорема про властивості опуклої функції. Критерії опуклості функції в термінах перших та других похідних.

Поняття субдиференціала опуклої функції. Геометрична інтерпретація. Субдиференціал лінійної комбінації опуклих функції та функції максимуму. Умови екстремуму. Напрямок спадання та можливий напрямок. Теорема про необхідні умови оптимальності. Теорема про необхідні та достатні умови оптимальності у випадку опуклої допустимої множини та опуклої функції. Геометрична інтерпретація.

2.4. Динамічне програмування

Послідовні задачі прийняття рішень.

Багатовимірні задачі динамічного програмування.

Динамічні задачі управління запасами.

2.5. Багатокритеріальні задачі прийняття рішень

Багатокритеріальний вибір альтернатив на основі нечіткого відношення переваги.

Загальна характеристика багатокритеріальних задач. Їх властивості. Парето-оптимальні рішення задач БКО. Їх властивості. Найкращі компромісні розв'язки багатокритеріальних задач, їх зв'язок з Парето-оптимальними розв'язками. Метод обмежень для знаходження найкращих компромісних розв'язків. Багатокритеріальні задачі лінійного програмування та метод їх розв'язання.

Список літератури [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

3. Навчальна дисципліна «Чисельні методи»

Види похибок при обчисленнях. Оцінювання похибки вхідних даних. Вплив похибки вхідних даних при основних арифметичних операціях.

Розв'язання нелінійних рівнянь. Пошук коренів алгебраїчних рівнянь. Теорема Бюдана. Теорема Декарта. Теорема Гюа. Теорема Штурма. Чисельні методи пошуку коренів рівняння: метод бісекції (половинного ділення), метод простої ітерації, метод січних, метод Ньютона, комбінований метод. Умови збіжності методів. Принцип стислих відображень.

Прямі методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гаусса та його варіанти (LU, LDU, без зворотного ходу, матричний метод), метод квадратного кореня. Обчислення визначника системи, оберненої матриці. Умови збігання методів. Обумовленість системи рівнянь

Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Методи Якобі, Зайделя, мінімальної нев'язки, застосування градієнтних методів.

Наближення функцій. Задачі інтерполяції та апроксимації. Інтерполяційні формули Ньютона та Лагранжа. Інтерполяційний поліном

Ерміта. Інтерполяція сплайнами. Метод найменших квадратів. Поточкова та інтегральна постановка. Оцінка похибок інтерполяційних формул.

Чисельне диференціювання. Оцінювання порядку точності різницевих формул.

Чисельне інтегрування. Формули середніх, трапецій, Сімпсона. Квадратурні формули Ейлера.

Спектральна задача. Методи: степеневий, скалярних добутків, Данилевського, Крилова, Якобі, QR, LR, обернених ітерацій. Перетворення подібності, конґруентне, Ґаусголдера.

Розв'язання задачі Коші для диференціальних рівнянь. Одно- та багатокрокові методи. Методи Ейлера, Рунге-Кутта першого, другого, четвертого порядків. Явні та неявні методи Адамса першого, другого, четвертого порядків.

Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Метод прогонки. Метод коллокації. Метод найменших квадратів. Метод Гальоркіна. Метод скінчених різниць для розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних. Застосування до задач другого порядку: крайової двоточкової, еліптичної, параболічної, гіперболічної.

Список літератури [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32].

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Користування допоміжним матеріалом на екзамені
— Забороняється

Критерії оцінювання (за системою ECTS, стобальна шкала)

Розв'язання кожної задачі оцінюється за такими критеріями:

95—100	—	задачу розв'язано повністю, вірно
85—94	—	задачу розв'язано вірно, вдповідь правильна, але наявними є один-два недоліки (наявними є деякі методичні помилки, порушено послідовність викладок тощо)
75—84	—	задачу розв'язано вірно, але відповідь неправильна (наявними є арифметичні помилки)
65—74	—	задачу розв'язано неповністю, але намічено правильний хід розв'язування
60—64	—	задачу не розв'язано, але наведено формули або твердження, що можуть бути використані при розв'язуванні задачі
менше 60	—	задачу не розв'язано

Результат роботи обчислюється як середнє арифметичне оцінок, що їх отримано за кожну задачу і заокруглюється до цілих.

Приклади типових завдань комплексного фахового випробування

1. Навчальна дисципліна «Аналіз часових рядів»

Приклад 1. Нехай рівняння авторегресії другого порядку має вигляд:

$$y(k) = 1{,}6y(k-1) - 0{,}8y(k-2).$$

Характеристичне рівняння для нього:

$$\alpha^2 - 1{,}6\alpha + 0{,}8 = 0.$$

Дискримінант: $d = a_1^2 + 4a_2 = -0{,}64$. Корені характеристичного рівняння і параметри однорідного розв'язку:

$$\alpha_1 = 0{,}5\,(1{,}6 + i0{,}8), \quad \alpha_2 = 0{,}5\,(1{,}6 - i0{,}8).$$

$$r = (-a_2)^{1/2} = (0{,}80)^{1/2} = 0{,}894.$$

$$\cos(\omega) = \frac{a_1}{2(-a_2)^{1/2}} = \frac{1{,}6}{2 \cdot 0{,}894} = 0{,}895.$$

Розв'язок: $y(k) = 0{,}894\cos(0{,}895k + \varphi)$, де φ – початкова фаза, яка визначається з початкових умов.

Приклад 2. Розглянемо детермінований процес авторегресії другого порядку:

$$y(k) = 2{,}5 + a_1(k-1) + a_2 y(k-2),$$

$$a_1 = 0{,}75;\ a_2 = 0{,}25;\ y(0) = 1;\ y(1) = 2.$$

Оскільки сума коефіцієнтів моделі $\sum_{i=1}^{2} a_i = 0{,}75 + 0{,}25 = 1$, то за пробну функцію часткового розв'язку вибираємо $y^p_{проб.}(k) = ck$ (наявність лінійного тренду), де

$$c = \frac{a_0}{\sum_{i=1}^{2} a_i} = \frac{2{,}5}{0{,}75 + 2 \cdot 0{,}25} = \frac{2{,}5}{1{,}25} = 2{,}0.$$

Таким чином, частковий розв'язок має вигляд: $y^p(k) = 2{,}0k$.

Характеристичне рівняння $\alpha^2 - 0{,}75\alpha - 0{,}25 = 0$ має корені: $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = -0{,}25$. Запишемо повний розв'язок

$$y(k) = A_1 + A_2(-0{,}25)^k + 2{,}0k.$$

Використаємо початкові умови для знаходження довільних констант:

$$k = 0:\ 1 = A_1 + A_2,$$

$$k = 1:\ 2 = A_1 - 0{,}25A_2 + 2{,}0.$$

Розв'зуючи цю систему двох рівнянь, знайдемо: $A_1 = 0{,}2$; $A_2 = 0{,}8$. Тепер повний розв'язок рівняння АР(2) можна записати у вигляді:

$$y(k) = 2{,}0k + 0{,}2 + 0{,}8(-0{,}25)^k.$$

Таким чином, знайдений розв'язок містить лінійний тренд $2{,}0k$, зміщення $0{,}2$ і асимптотично збіжний до нуля член $0{,}8(-0{,}25)^k$.

Приклад 3. Знайдемо повний розв'язок рівняння авторегресії з ковзним середнім третього порядку АРКС(3, 2):

$$y(k) = 0{,}5 + y(k-1) + 0{,}25y(k-2) - 0{,}25y(k-3) + \varepsilon(k) - \\ - 0{,}125\varepsilon(k-1) + 0{,}125\varepsilon(k-2).$$

Запишемо характеристичне рівняння

$$\lambda^3 - \lambda^2 - 0{,}25\lambda + 0{,}25 = 0$$

і знайдемо його корені: $\lambda_1 = 1$; $\lambda_2 = -0{,}5$; $\lambda_3 = 0{,}5$ (процес з одиничним коренем). Однорідний розв'язок має вигляд:

$$y^h(k) = A_1 + A_2(-0{,}5)^k + A_3(0{,}5)^k.$$

Для знаходження часткового розв'язку виберемо пробну функцію у вигляді:

$$y^p_{проб}(k) = b_0 + b_1 k + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i \varepsilon(k-i)$$

і підставимо її в рівняння процесу, скориставшись загальними позначеннями для коефіцієнтів:

$$b_0 + b_1 k + \alpha_0\varepsilon(k) + \alpha_1\varepsilon(k-1) + \alpha_2\varepsilon(k-2) + \alpha_3\varepsilon(k-3) + \ldots = \\ = a_0 + a_1[b_0 + b_1(k-1) + \alpha_0\varepsilon(k-1) + \\ + \alpha_1\varepsilon(k-2) + \alpha_2\varepsilon(k-3) + \alpha_3\varepsilon(k-4) + \ldots] + \\ + a_2[b_0 + b_1(k-2) + \alpha_0\varepsilon(k-2) + \alpha_1\varepsilon(k-3) + \\ + \alpha_2\varepsilon(k-4) + \alpha_3\varepsilon(k-5) + \ldots] + a_3[b_0 + b_1(k-3) + \\ + \alpha_0\varepsilon(k-3) + \alpha_1\varepsilon(k-4) + \alpha_2\varepsilon(k-5) + \alpha_3\varepsilon(k-6) + \ldots] + \varepsilon(k) + \beta_1\varepsilon(k-1) + \\ + \beta_2\varepsilon(k-2).$$

Прирівняємо константи в лівій і правій частині, а також коефіцієнти при однакових змінних:

$$b_0 = a_0 + a_1 b_0 - a_1 b_1 + a_2 b_0 - 2a_2 b_1 + a_3 b_0 - 3a_3 b_1;$$

при k: $b_1 = a_1 b_1 + a_2 b_1 + a_3 b_1$;

при $\varepsilon(k)$: $\alpha_0 = 1$;

при $\varepsilon(k-1)$: $\alpha_1 = a_1\alpha_0 + \beta_1$;

при $\varepsilon(k-2)$: $\alpha_2 = a_1\alpha_1 + a_2\alpha_0$;

при $\varepsilon(k-3)$: $\alpha_3 = a_1\alpha_2 + a_2\alpha_1 + a_3\alpha_0$.

Таким чином, $b_1 \approx 0{,}67$, а коефіцієнт b_0 необхідно визначити за допомогою початкових умов.

Повний розв'язок:

$$y(k) = A + A_2(-0{,}5)^k + A_3(0{,}5)^k + 0{,}67k + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i \varepsilon(k-i),$$

де $A = A_1 + b_0$, $\alpha_i = \alpha_{i-1} + 0{,}25\alpha_{i-2} - 0{,}25\alpha_{i-3}$.

2. Навчальна дисципліна «Методи оптимізації та дослідження операцій»

Приклад 1. Розв'язати задачу лінійного програмування.

Підприємство випускає вироби двох видів, для виготовлення яких використовуються ресурси двох типів. Нехай прибуток від продажу виробів становить відповідно $c_1 = 2$ та $c_2 = 1$, обсяг ресурсів дорівнюють $b_1 = 40$, b_1=40, $b_2 = 56$, відповідно. Норми витрат ресурсів на одиницю випуску задаються такою матрицею:

$$\mathbf{A} = \|a_{ij}\| = \begin{bmatrix} 4 & 1 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}.$$

1). Потрібно знайти оптимальний план випуску, що максимізує сумарний доход та дослідити чутливість цільової функції до варіації обмежених ресурсів, тобто як зміниться сумарний доход при збільшенні на одиницю кожного з видів ресурсів.

2). Нехай перший ресурс b_1 зменшився до 36, а другий збільшився до 60. Як зміниться при цьому оптимальний розв'язок, чи залишиться оптимальним попередній базис?

3). Нехай вводиться додаткове обмеження на випуск першого продукту $x_1 \geq 9$. Визначити новий оптимальний план.

4). Нехай підприємство може додатково випускати третій вид продукції, для якого $c_3 = 2$, а норми витрат ресурсів дорівнюють $a_{13} = 2$, $a_{23} = 4$. Знайти оптимальний план за цієї умови і визначити, при якому значенні c_3 виробництво третього виду виробів буде рентабельним.

Приклад 2. Визначити оптимальне рішення задачі квадратичного програмування (КП):

$z = x_1^2 + 2x_2^2 - 2x_1 - 4x_2 \to \min$

$x_1 + x_2 \geq 8$

$x_1 + 2x_2 \leq 20$

$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0.$

3. Навчальна дисципліна «Чисельні методи»

Приклад 1. Для пошуку власних чисел матриці A застосовується QR-метод. Q — ортогональна, R — верхня трикутна матриці. Зробити одну ітерацію методу.

$$A=\begin{bmatrix}4 & 2\\ 3 & 1\end{bmatrix}.$$

Приклад 2. Зробити два кроки методу Рунге-Кутта для задачі Коші

$$\frac{dy}{dx}=x-y;\ y(0)=1.$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бідюк П.І. Аналіз часових рядів / Бідюк П.І., Романенко В.Д., Тимощук О.Л. — К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2013. — 600 с.

2. Дрейпер Н.Р. Прикладной регрессионный анализ / Дрейпер Н.Р., Смит Г. — К.: Диалектика, 2007. — 912 с.

3. Hamilton J.G. Time series analysis / Hamilton J.G. — Princeton (New Jersey): Princeton University Press, 1994. — 800 p.

4. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Андерсон Т. — М.: Мир, 1976. — 755 с.

5. Зайченко Ю.П. Исследование операций /Ю.П.Зайченко. — К.: Видавничий дім «Слово», 2003. — 685 с.

6. Зайченко О.Ю. Дослідження операцій / О.Ю.Зайченко, Ю.П.Зайченко. — Видавничий дім «Слово», 2014. — 472 с.

7. Сухарев А. Г. Курс методов оптимизации / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — М.: Наука, 1986. — 326 с.

8. Пшеничный Б. Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи. — М.: Наука, 1984. — 320 с.

9. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. — М.: Наука, 1988. — 550 с.

10. Пшеничный Б. Н. Численные методы в экстремальных задачах / Б. Н. Пшеничный, Ю. М. Данилин. — М.: Наука, 1975. — 287 с.

11. Алексеев В. М. Сборник задач по оптимизации / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

12. Ашманов С. А. Сборник задач по оптимизации / С. А. Ашманов, В. В. Тимохов. — М.: Наука, 1984. — 251 с.

13. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию / Б.Т.Поляк. — М.: Наука, 1983. — 384 с.

14. Навчально-методичний посібник до практичних занять з курсу «Математичні методи оптимізації» для студентів магістратури усіх спеціальностей / Уклад. О.Ю.Зайченко. — К.: Політехніка, 2007. — 88 с.

15. Зайченко О.Ю. Математичні методи оптимізації [Електронний ресурс] / О.Ю.Зайченко — Режим доступу: http://login.kpi.ua, 2016

16. Бахвалов Н. С. Численные методы. / Н. С. Бахвалов. — М.: Наука, 1978. — 681 с.

23. Березин И.С. Методы вычислений / И. С. Березин, Н. П. Жидков Н.П. — М.: Физматгиз, 1962. — 1966. — Т.1, 2. — Наука, 1977. — 303 с.

24. Воеводин В.В. Численные методы алгебры / Воеводин В.В. — М.: Наука, 1977. — 303 с.

25. Волков Е.А. Численные методы / Волков Е.А. — М.: Наука, 1987. — 248 с.

26. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П.Демидович, И. А. Марон. — М.: Физматгиз, 1960. — 659 с.

27. Калиткин Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. — М.: Наука, 1978. — 512 с.

28. Копченова Н.В. Вычислительная математика в примерах та задачах / Н. В. Копченова, И. А. Марон. — М.: Наука, 1982. — 366 с.

29. Мак-Кракен Д. Численные методы та программирование на Фортране / Д. Мак-Кракен, У. Дорн. — М.: Мир, 1977. — 584 с.

30. Ортега Дж. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега, У. Пул. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

31. Самарский А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. — М.: Наука, 1989. — 432 с.

32. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений / Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. — М.: Мир, 1980. — 280 с.

Розробники програми:

д.т.н., проф. Бідюк П.І.
д.т.н., доц. Зайченко О.Ю.
к.ф.-м.н., доц. Яковлева А.П.
к.ф.-м.н., доц. Шубенкова І.А.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою Інституту
прикладного системного
аналізу від 26.02.2018 р.,
протокол № 2
Заступник голови Вченої ради
В.Д.Романенко
«26» лютого 2018 р.

ПРОГРАМА
додаткового вступного випробування
на програму підготовки магістра
за спеціальністю 124 Системний аналіз

Програму розглянуто
і рекомендовано на засіданні
кафедри математичних методів
системного аналізу
від 21.02.2018 р., протокол № 7
В. о. завідувача кафедри
О.Л.Тимощук
«21» лютого 2018 р.

Київ
2018