ДОКТОРСКА ПРОГРАМА
„ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ (ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ)“

Професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки

КОНСПЕКТ

за конкурсен изпит за прием на докторанти

Пояснение: Конспектът е предназначен за конкурсен изпит за прием на докторанти. Той включва общ модул, насочен към фундаментална подготовка в областта на информатиката и информационните технологии, и специализиран модул, насочен към основни направления в изкуствения интелект. Изпитът има за цел да провери не само познаване на понятия и методи, но и способност за анализ, моделиране, критична оценка на подходи и формулиране на изследователски проблем.

На писмения изпит се задават два въпроса: един от общия модул и един от специализирания модул. Устният изпит представлява събеседване по въпросите от конспекта, като може да бъде поставена кратка аналитична задача, казус или задача за сравнение на подходи. Не се изисква владеене на конкретна библиотека, платформа или език за програмиране, освен когато те се използват като примери за по-общи принципи.

I. ОБЩ МОДУЛ: ОСНОВИ НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ (ИТ)

1. Компютърни архитектури, операционни системи и управление на ресурси.

Анотация: Основни компоненти на компютърните системи; процесори, памет, входно-изходни устройства и йерархии на паметта;

Литература: [1], [29]

2. Операционни системи. Управление на ресурсите

Основни типове операционни системи. Файлови системи и тяхната логическа организация и физическо представяне. UNIX, MS Windows, MS DOS, Linux – обзор и сравнителна характеристика. Процеси, нишки, синхронизация и управление на ресурси; роля на операционната система при изпълнение на приложения; базови принципи на виртуализацията, паралелното изпълнение и използването на изчислителни ресурси при обработка на данни и обучение на модели.

Литература: [2]

3. Езици за програмиране (ЕП).

Анотация: Класификация на ЕП. Синтаксис и семантика на ЕП. Транслатори, компилатори и интерпретатори. Обща и сравнителна характеристика. Структурни, функционални, логически, обектно ориентирани ЕП.

Литература: [26, 27, 28]

4. Обектно-ориентиран подход за разработка на софтуер

Анотация: Същност и предимства. Основни понятия – обекти, класове, връзки, йерархии. Характеристики на обектно-ориентирания анализ и проектиране (абстракция, капсулация, наследяване, полиморфизъм, конкурентност, типизация).

Литература: [7], [26] и [27]

5. Структури от данни

Анотация: Основни структури от данни - масиви, списъци, стекове, опашки, дървета, хеш-таблици и графи; алгоритми за търсене, сортиране, обхождане и оптимизация; Реализация. Основвни операции. Атрибути на данни. Примитивни и непримитивни данни. Абстрактни структтури от данни.

Литература: [3], [9].

6. Алгоритми и сложност

Анотация: Формално и неформално определение. Свойства на алгоритмите. Детерминирани и недетерминирани алгоритми. Сложност и оптималност на алгоритмите. Изчислимост, P и NP класове от задачи. Времева и пространствена сложност; рекурсия, динамично програмиране и жадни алгоритми; значение на алгоритмичната ефективност при анализ на данни, търсене, обучение и вземане на решения.

Литература: [3], [9].

7. Разпределени системи, мрежи и облачни среди.

Анотация: Основни принципи на компютърните мрежи и комуникационните протоколи; клиент-сървърни и многослойни архитектури; разпределение на изчисления и данни; латентност, пропускателност, отказо-устойчивост и мащабируемост; базови принципи на облачните изчисления и виртуализацията; значение на изчислителната инфраструктура при обучение и внедряване на системи за изкуствен интелект (ИИ).

Литература: [6], [18], [22].

8. Бази от данни и управление на информация.

Анотация: Релационен модел, схеми, ключове и нормализация; език за структурирани заявки (Structured Query Language, SQL) и основни операции върху данни; индекси, транзакции и консистентност; основни нерелационни модели на данни; съхранение, извличане и подготовка на данни за анализ; значение на качеството, структурата и проследимостта на данните при изграждане на интелигентни системи.

Литература: [5], [18].

9. Интернет на нещата (Internet of Things).

Анотация: Основни технологии и стандарти. Основни приложения. Научни изследвания и политики в Европейския съюз.

Литература: [23, 24, 25]

10. Изкуствен интелект.

Анотация: историческо развитие, основни парадигми, методи, приложения и съвременни предизвикателства.

Литература: [9], [20]

II. СПЕЦИАЛИЗИРАН МОДУЛ: ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

11. Основни парадигми на изкуствения интелект и интелигентни агенти.

Анотация: Историческо развитие и основни дефиниции на изкуствения интелект; рационален агент, среда, възприятие, действие и цел; символен, статистически и хибриден подход; реактивни, делиберативни и обучаващи се системи; връзка между представяне на знания, търсене, обучение и вземане на решения; типични приложения и ограничения на ИИ системите.

Литература: [9], [20].

12. Търсене, планиране, оптимизация и вземане на решения.

Анотация: Дървета и графи на състояния; неинформирано и информирано търсене; евристики и алгоритъм A*; игри и състезателно търсене; удовлетворяване на ограничения; локално търсене и метаевристики; основи на планирането и вземането на решения при неопределеност; връзка с роботика, ресурсно планиране, симулации и интелигентни помощници.

Литература: [3], [9], [15].

13. Представяне на знания, логическо и вероятностно разсъждение.

Анотация: Пропозиционална и предикатна логика; правила, онтологии, семантични мрежи и графи на знанията; извод и ограничения на логическото разсъждение; неопределеност и вероятностни модели; байесови мрежи, Марковски модели и причинност като подходи за моделиране на несигурност; интеграция между символни и статистически подходи.

Литература: [9], [11], [21].

14. Машинно обучение и оценяване на модели.

Анотация: Обучение с учител, без учител, полу-контролирано и самообучение; задачи за класификация, регресия, клъстеризация и откриване на аномалии; функции на загубата, регуляризация, компромис между систематична грешка и дисперсия и свръх трениране; разделяне на данни, кръстосана валидация и избор на метрики; интерпретация на резултати, статистическа значимост, грешки при оценяване и възпроизводимост.

Литература: [4], [11], [14], [18].

15. Дълбоко обучение и представяне на данни.

Анотация: Многослойни невронни мрежи, обратно разпространение на грешката и оптимизация; конволюционни, рекурентни и трансформиращи архитектури като основни класове модели; векторни представяния (embeddings) и обучение на входните характеристики/признаци (representation learning или feature learning); трансферно обучение и фини настройки; регуляризация, регуляризация чрез случайно изключване (dropout) и нормализация; ограничения на дълбоките модели, нужда от данни и изчислителни ресурси, интерпретируемост и риск от некоректно обобщение.

Литература: [12], [13], [14].

16. Език, визия, мултимодалност и генеративни модели.

Анотация: Основни задачи в обработката на естествен език - класификация, извличане на информация, превод, резюмиране и диалог; основни задачи в компютърното зрение - класификация, детекция, сегментация и търсене на изображения; мултимодално обучение и съчетаване на различни типове данни; генеративни модели за текст, изображения, код и други данни; големи езикови и фундаментални модели (Foundation models и General-purpose AI models) като съвременен клас ИИ системи; възможности и ограничения на генеративния ИИ.

Литература: [16], [17], [22].

17. Надеждност, обяснимост, отговорен ИИ и оценяване на ИИ системи.

Анотация: Офлайн и онлайн оценяване; еталонни тестове (benchmark), експертно оценяване и домейн-специфични критерии; обясним ИИ, оценяване на приноса на признаците и контрафактически обяснения; устойчивост (robustness), неопределеност, калибриране на вероятностните оценки и безпристрастност; рискове от систематично отклонение, халюцинации, изтичане на данни (data leakage), и примери за подвеждане на

модела и некоректна употреба (adversarial examples); принципи на отговорен ИИ, човешки надзор, документация, проследимост и оценка на социален ефект.

Литература: [18], [19], [20], [22].

Литература

[1] J. L. Hennessy, D. A. Patterson, and C. Kozyrakis, *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, 7th ed. Cambridge, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2025. ISBN: 978-0443154065. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Computer-Architecture-Quantitative-Approach-Kaufmann/dp/0443154066

[2] A. Silberschatz, P. B. Galvin, and G. Gagne, *Operating System Concepts*, 10th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018. ISBN: 978-1119439257. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Operating-System-Concepts/dp/1119439256

[3] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 4th ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2022. ISBN: 978-0262046305. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Introduction-Algorithms-fourth-Thomas-Cormen/dp/026204630X

[4] P. Bruce, A. Bruce, and P. Gedeck, *Practical Statistics for Data Scientists: 50+ Essential Concepts Using R and Python*, 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2020. ISBN: 978-1492072942. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Practical-Statistics-Data-Scientists-Essential/dp/149207294X

[5] A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarshan, *Database System Concepts*, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw Hill, 2019. ISBN: 978-0078022159. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Database-Concepts-Abraham-Silberschatz-Professor/dp/0078022150

[6] J. F. Kurose and K. W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach*, 8th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2021. ISBN: 978-0136681557. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Computer-Networking-James-Kurose/dp/0136681557

[7] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2015. ISBN: 978-0133943030. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Software-Engineering-10th-Ian-Sommerville/dp/0133943038

[8] R. Anderson, *Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems*, 3rd ed. Indianapolis, IN, USA: Wiley, 2020. ISBN: 978-1119642787. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Security-Engineering-Building-Dependable-Distributed/dp/1119642787

[9] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2020. ISBN: 978-0134610993. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Artificial-Intelligence-A-Modern-Approach/dp/0134610997

[10] M. P. Deisenroth, A. A. Faisal, and C. S. Ong, *Mathematics for Machine Learning*, 1st ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2020. ISBN: 978-1108455145. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Mathematics-Machine-Learning-Peter-Deisenroth/dp/110845514X

[11] K. P. Murphy, *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*, 1st ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2022. ISBN: 978-0262046824. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Probabilistic-Machine-Learning-Introduction-Computation/dp/0262046822

[12] C. M. Bishop and H. Bishop, *Deep Learning: Foundations and Concepts*, 2024 ed. Cham, Switzerland: Springer, 2023. ISBN: 978-3031454677. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Deep-Learning-Foundations-Christopher-Bishop/dp/3031454677

[13] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*, 1st ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2016. ISBN: 978-0262035613. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Deep-Learning-Adaptive-Computation-Machine/dp/0262035618

[14] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022. ISBN: 978-1098125974. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Hands-Machine-Learning-Scikit-Learn-TensorFlow/dp/1098125975

[15] R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2018. ISBN: 978-0262039246. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Reinforcement-Learning-second-Introduction-Computation/dp/0262039249

[16] L. Tunstall, L. von Werra, and T. Wolf, *Natural Language Processing with Transformers: Building Language Applications with Hugging Face*, 1st ed., rev. ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022. ISBN: 978-1098136796. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Natural-Language-Processing-Transformers-Revised/dp/1098136799

[17] D. Foster, *Generative Deep Learning: Teaching Machines To Paint, Write, Compose, and Play*, 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2023. ISBN: 978-1098134181. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Generative-Deep-Learning-Teaching-Machines/dp/1098134184

[18] C. Huyen, *Designing Machine Learning Systems: An Iterative Process for Production-Ready Applications*, 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022. ISBN: 978-1098107963. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Designing-Machine-Learning-Systems-Production-Ready/dp/1098107969

[19] V. Lakshmanan, S. Robinson, and M. Munn, *Machine Learning Design Patterns: Solutions to Common Challenges in Data Preparation, Model Building, and MLOps*, 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2020. ISBN: 978-1098115784. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Machine-Learning-Design-Patterns-Preparation/dp/1098115783

[20] V. Dignum, *Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way*, 1st ed. Cham, Switzerland: Springer, 2020. ISBN: 978-3030303730. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Responsible-Artificial-Intelligence-Foundations-Algorithms/dp/303030373X

[21] J. Pearl and D. Mackenzie, *The Book of Why: The New Science of Cause and Effect*, Reprint ed. New York, NY, USA: Basic Books, 2020. ISBN: 978-1541698963. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Book-Why-Science-Cause-Effect/dp/1541698967

[22] C. Huyen, *AI Engineering: Building Applications with Foundation Models*, 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2025. ISBN: 978-1098166304. [Online]. Available: https://www.amazon.com/AI-Engineering-Building-Applications-Foundation/dp/1098166302

[23] S. Ziegler, R. Radócz, A. Quesada Rodriguez, and S. N. Matheu Garcia, Eds., *Springer Handbook of Internet of Things*. Cham, Switzerland: Springer, 2024. Available: https://www.amazon.com/Springer-Handbook-Internet-Things-Handbooks/dp/3031396499

[24] R. C. Sofia and J. Soldatos, Eds., *Shaping the Future of IoT with Edge Intelligence: How Edge Computing Enables the Next Generation of IoT Applications*. River Publishers, 2023. Available: https://a.co/d/015vP1QX

[25] P. G. Chiara, *The Internet of Things and EU Law: Cybersecurity, Privacy and Data Protection Challenges*. Cham, Switzerland: Springer, 2024.Available: https://www.amazon.com/Internet-Things-Law-Cybersecurity-Protection/dp/3031676629

[26] M. L. Scott and J. Aldrich, *Programming Language Pragmatics*, 5th ed. Morgan Kaufmann, 2025. Available: https://www.amazon.com/Programming-Language-Pragmatics-Michael-Scott/dp/0323999662

[27] M. Gabbrielli and S. Martini, *Programming Languages: Principles and Paradigms*, 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer, 2023. Available: https://www.amazon.com/Programming-Languages-Principles-Paradigms-Undergraduate/dp/3031341430

[28] K. D. Cooper and L. Torczon, *Engineering a Compiler*, 3rd ed. Morgan Kaufmann, 2022. Available: https://www.amazon.com/Engineering-Compiler-Keith-D-Cooper/dp/0128154128

[29] D. A. Patterson and J. L. Hennessy, *Computer Organization and Design RISC-V Edition: The Hardware/Software Interface*, 2nd ed. Cambridge, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2020. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Computer-Organization-Design-RISC-V-Architecture/dp/0128203315