

## 2<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ:

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ «Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης για τη Βιομηχανία 4.0»

#### 1. ΓΕΝΙΚΑ

|  |   |                           |    |
|--|---|---------------------------|----|
| <b>ΣΧΟΛΗ</b>                                     | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ                    |                           |    |
| <b>ΤΜΗΜΑ</b>                                     | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ                    |                           |    |
| <b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>                           | Μεταπτυχιακό  |                           |    |
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>                         | 223   | <b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>    | 2ο |
| <b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>                          | Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης για τη Βιομηχανία 4.0 |                           |    |
| <b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b>      | <b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>                | <b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b> |    |
| Διαλέξεις  | 3   | 6                         |    |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>                           | Εξειδικευμένες γενικές γνώσεις, Ανάπτυξη δεξιοτήτων |                           |    |
| <b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>                  | -   |                           |    |
| <b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>         | Ελληνική  |                           |    |
| <b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b> | ΝΑΙ (Στην Αγγλική)                                  |                           |    |
| <b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>        |   |                           |    |

#### 2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

##### Μαθησιακά Αποτελέσματα

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να:

- Αναγνωρίζουν, κατανοούν και διατυπώνουν τα βασικά στοιχεία των κύριων τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0: Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), Μηχανική Μάθηση (ML), Επιστήμη Δεδομένων (DS), Υπολογιστικό Νέφος (CC), Edge Computing (EC), Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT).
- Κατανοούν τι είναι η Βιομηχανία 4.0 και πώς διαφέρει από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις.
- Μάθουν ποιες είναι οι τεχνολογίες ενεργοποίησης της Βιομηχανίας 4.0.
- Κατανοούν πώς μπορεί να εφαρμοστεί η Βιομηχανία 4.0 σε βιομηχανικό πλαίσιο.
- Κατανοούν τα οφέλη της Βιομηχανίας 4.0.
- Κατανοούν τι είναι η επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο, η αύξηση της παραγωγικότητας, η συντήρηση και η παρακολούθηση των συστημάτων παραγωγής.
- Ορίζουν τους όρους Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση, Βαθιά Μάθηση και Επιστήμη Δεδομένων. Να μάθουν πώς σχετίζονται η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Μηχανική Μάθηση, η Βαθιά Μάθηση και η Επιστήμη Δεδομένων μεταξύ τους.
- Κατανοούν τι είναι η επεξεργασία δεδομένων. Να μάθουν για τον καθαρισμό δεδομένων, την εξαγωγή και την επιλογή χαρακτηριστικών.
- Αποσαφηνίζουν και να ορίζουν τους όρους Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT), Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) και Βιομηχανία 4.0.

- Μάθουν το ρόλο του IoT και των κυβερνο-φυσικών συστημάτων στη Βιομηχανία 4.0.
- Κατανοούν την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και την προγνωστική συντήρηση στις βιομηχανικές διεργασίες.
- Εξοικειωθούν με παραδείγματα ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, καθώς και βιομηχανικής τεχνητής νοημοσύνης.
- Κατανοούν ποια είναι τα οφέλη από την εφαρμογή του Βιομηχανικού Διαδικτύου των Πραγμάτων στη σύγχρονη βιομηχανία.
- Ορίζουν τα επίπεδα της πυραμίδας του αυτοματισμού.
- Περιγράφουν τα στοιχεία που απαρτίζουν ένα σύστημα παραγωγής.
- Αναφέρουν τις πιθανές εφαρμογές του IIoT σε ένα σύστημα παραγωγής.
- Χαρακτηρίζουν τα ολοκληρωμένα συστήματα πληροφορικής που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή.
- Καταγράφουν και να χαρακτηρίζουν τις σημαντικές πτυχές των αρχιτεκτονικών αναφοράς IIoT. Να ερμηνεύουν τις διαφορετικές αρχιτεκτονικές IIoT.
- Εξηγούν τα βασικά οφέλη των συστημάτων νέφους στο IIoT.
- Μάθουν μεθόδους που επιτρέπουν την ενσωμάτωση ενός κλασικού συστήματος ελέγχου παραγωγής με την υποδομή IIoT.
- Ορίζουν τα προβλήματα επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τις έννοιές τους.
- Χαρακτηρίζουν πιθανά εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στη βιομηχανία.
- Μάθουν τρόπους πώς να χρησιμοποιούν λύσεις βασισμένες στο υπολογιστικό νέφος.
- Μάθουν τα διάφορα μοντέλα για την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση των περιβαλλόντων υπολογιστικού νέφους.
- Αποσαφηνίζουν και να ορίζουν το πεδίο εφαρμογής της τεχνολογίας του Υπολογιστικού Νέφους.
- Εξοικειωθούν με τους σημαντικότερους παρόχους/λύσεις υπολογιστικού νέφους που είναι διαθέσιμοι σήμερα.
- Μάθουν τις διάφορες πραγματικές εφαρμογές του Edge Computing.
- Μάθουν να αναγνωρίζουν τα δυνατά και αδύνατα σημεία μιας υλοποίησης Edge Computing.

### Γενικές Ικανότητες

- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση της απαραίτητης τεχνολογίας
- Ανεξάρτητη εργασία
- Ομαδική εργασία
- Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον
- Παραγωγή ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Τεχνολογίες I4.0, Τεχνητή Νοημοσύνη, Επιστήμη Δεδομένων, Μηχανική Μάθηση, Βαθιά Μάθηση, Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Υπολογιστικό Νέφος και Edge Computing, Περιπτώσεις χρήσης στον πραγματικό κόσμο.

| Εβδομ. | Τίτλος Ενότητας   | Βιβλιογραφία          | e-class |
|--------|---|-----------------------|---------|
| 1      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εισαγωγή</li> <li>• Εισαγωγή στη Βιομηχανία 4.0</li> <li>• Αντίκτυπος της Βιομηχανίας 4.0</li> <li>• Εργαλεία ταξινόμησης των τεχνολογιών της</li> </ul> | 1-5<br>6-14<br>15, 16 |         |

| Βιομηχανίας 4.0 |   |                         |
|-----------------|---|-------------------------|
| 2               | Εισαγωγή στην Επιστήμη Δεδομένων, την Τεχνητή Νοημοσύνη και το I4.0   | 17-22                   |
| 3               | Διαδικασία Cross Industry για την εξόρυξη δεδομένων (CRISP-DM)  | 23-31                   |
| 4               | Μηχανική Μάθηση   | 32-36                   |
| 5               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Αυτοματοποιημένες λύσεις βασισμένες στο υπολογιστικό νέφος &amp; αυτοματοποιημένες λύσεις βασισμένες σε τοπικό επίπεδο.</li> <li>Πραγματικές περιπτώσεις χρήσης</li> </ul> | 37-43<br>44-47          |
| 6               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Εισαγωγή στο IoT και το IIoT</li> <li>Συστήματα παραγωγής</li> <li>Συστήματα IIoT</li> </ul>   | 48-57<br>58-71<br>72-76 |
| 7               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Πρωτόκολλα επικοινωνίας</li> <li>Περιοχές ανάπτυξης</li> </ul>   | 77-83<br>84-97          |
| 8               | Εισαγωγή στο υπολογιστικό νέφος και το Edge computing   | 98-100                  |
| 9               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Πάροχοι υπολογιστικού νέφους και οι σχετικές υπηρεσίες τους</li> <li>Edge computing</li> </ul>   | 101-122<br>123-125      |
| 10              | Πραγματικές περιπτώσεις χρήσης  | 126-130                 |
| 11              | Περιοχές ανάπτυξης  | 131-151                 |
| 12              | Τρόποι επίλυσης των προκλήσεων των σχετικών με την Βιομηχανία 4.0   | 152, 153                |
| 13              | Πρακτική εξάσκηση - Ανάθεση εργασίας  |                         |

#### 4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

| ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ.                              |   |
|--|---|
| ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ | <ul style="list-style-type: none"> <li>Πρόσωπο με πρόσωπο και βιντεομαθήματα</li> <li>Χρήση της ιστοσελίδας του μαθήματος όπου αναρτάται το εκπαιδευτικό υλικό.</li> <li>Οι διαλέξεις χρησιμοποιούν παρουσιάσεις και βίντεο που είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του μαθήματος.</li> <li>Οι φοιτητές επικοινωνούν με τον διδάσκοντα χρησιμοποιώντας μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και το φόρουμ συζητήσεων του</li> </ul> |

|                             |  |                                 |
|-----------------------------|--|---------------------------------|
|                             | μαθήματος, όπως παρέχεται από την πλατφόρμα e-class.   |                                 |
| <b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> | <b>Δραστηριότητα</b>   | <b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b> |
|                             | Διαλέξεις  | 39 ώρες                         |
|                             | Βιβλιογραφική Εργασία  | 30 ώρες                         |
|                             | Υλοποίηση Project  | 31 ώρες                         |
|                             | Μη καθοδηγούμενη μελέτη  | 80 ώρες                         |
|                             | <b>Σύνολο Μαθήματος</b>  | <b>180 ώρες</b>                 |
| <b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>  | Οι φοιτητές αξιολογούνται μέσω κουίζ και τελικής ατομικής και ομαδικής παρουσίασης των εργασιών. Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι διαθέσιμα στους φοιτητές στην αρχή του εξαμήνου μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος. |                                 |

## 5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Industry 4.0, Policy Department A, European Parliament, 2016, pp. 20-26  
<https://clepa.eu/mediaroom/ep-publishes-industry-4-0-study/>
2. Bortolini, Marco & Accorsi, Riccardo & Faccio, Maurizio & Galizia, Francesco Gabriele & Pilati, Francesco. (2020). Toward a Real-Time Reconfiguration of Self-Adaptive Smart Assembly Systems. Procedia Manufacturing. 39. 10.1016/j.promfg.2020.01.232.  
[https://www.researchgate.net/publication/339483816\\_Toward\\_a\\_Real-Time\\_Reconfiguration\\_of\\_Self-Adaptive\\_Smart\\_Assembly\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/339483816_Toward_a_Real-Time_Reconfiguration_of_Self-Adaptive_Smart_Assembly_Systems)
3. How Many IoT Devices Are There in 2022? [All You Need To Know], Techjury.net, 2022,  
<https://techjury.net/blog/how-many-iot-devices-are-there/>
4. Internet of Things statistics for 2022 - Taking Things Apart, Bojan Jovanovic, DataProt, 2022,  
<https://dataprot.net/statistics/iot-statistics/>
5. Internet of Things as an Approach of Evolutionary Practice in Computer Applications, K. V. Sravani, C. Suguna Devi, A. Maheswarreddy, International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering (IJERCSE) Vol 3, Issue 3, March 2016,  
[https://www.technoarete.org/common\\_abstract/pdf/IJERCSE/v3/i3/59.pdf](https://www.technoarete.org/common_abstract/pdf/IJERCSE/v3/i3/59.pdf)
6. Abdelmajied, FathyElsayed. "Industry 4.0 and Its Implications: Concept, Opportunities, and Future Directions" In Supply Chain: Recent Advances and New Perspectives in the Industry 4.0 Era, edited by Tamás Bányai, Ágota Bányai, Ireneusz Kaczmar. London: IntechOpen, 2022.  
<https://www.intechopen.com/chapters/80514>
7. Bordeleau, Fanny-Ève and Felden, Carsten, (2019). "DIGITALLY TRANSFORMING ORGANISATIONS: A REVIEW OF CHANGE MODELS OF INDUSTRY 4.0". In Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS), Stockholm & Uppsala, Sweden, June 8-14, 2019. ISBN 978-1-7336325-0-8 Research Papers.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/301379432.pdf>
8. ENISA, INDUSTRY 4.0 CYBERSECURITY:CHALLENGES & RECOMMENDATIONS, May 2019,  
<https://www.enisa.europa.eu/publications/industry-4-0-cybersecurity-challenges-and-recommendations>
9. Eszes László, Change Management 4.0, August 2019, <https://www.linkedin.com/pulse/change-management-40-l%C3%A1szl%C3%B3-dr-eszes/>
10. Farina, Jacopo. (2021). Managing change towards Industry 4.0: How organizations design and implement Industry 4.0 projects. Vol. 6 N.4. 18-32. 10.6977/IJoSI.202106\_6(4).0002.

[https://www.researchgate.net/publication/354052301\\_Managing\\_change\\_towards\\_Industry\\_40\\_How\\_organizations\\_design\\_and\\_implement\\_Industry\\_40\\_projects](https://www.researchgate.net/publication/354052301_Managing_change_towards_Industry_40_How_organizations_design_and_implement_Industry_40_projects)

11. McKinsey & Company, A future that works: automation, employment and productivity, January 2017, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>
12. McKinsey & Company, Transforming advanced manufacturing through Industry 4.0, 27 June 2022, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/transforming-advanced-manufacturing-through-industry-4-0>
13. Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., Garavaglia, S., Taisch, M., Miragliotta, G. (2017). Jobs and Skills in Industry 4.0: An Exploratory Research. In: Lödding, H., Riedel, R., Thoben, KD., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (eds) Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing . APMS 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 513. Springer, Cham.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66923-6\\_33](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66923-6_33)
14. Paško, Ł.; Mądział, M.; Stadnicka, D.; Dec, G.; Carreras-Coch, A.; Solé-Beteta, X.; Pappa, L.; Stylios, C.; Mazzei, D.; Atzeni, D. Plan and Develop Advanced Knowledge and Skills for Future Industrial Employees in the Field of Artificial Intelligence, Internet of Things and Edge Computing. Sustainability 2022, 14, 3312. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3312>
15. Taxonomy for classifying production processes analysis problems, Planet4 Consortium, 2021, <https://www.planet4project.eu/wp-content/uploads/2022/07/R1.6-Taxonomy-for-classifying-production-processes-analysis-problems.pdf>
16. Planet4 Taxonomy Explorer, Planet4 Consortium, 2021-2022, <http://taxonomy.planet4project.eu/>
17. DataRobot's vision to democratize machine learning with no-code AI, By Ben Dickson - March 28, 2022, <https://bdtechtalks.com/2022/03/28/datarobot-no-code-ai/>
18. Davenport, T. H., & Patil, D. J. (2012). Data scientist. Harvard business review, 90(5), 70-76.
19. Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. California management review, 61(4), 5-14.
20. Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. Electronic Markets, 31(3), 685-695.
21. Kotu, V., & Deshpande, B. (2018). Data science: concepts and practice. Morgan Kaufmann.
22. Vincent, P., Natis, Y., Iijima, K., Wong, J., Ray, S., Jain, A., & Leow, A. (2020). Critical capabilities for enterprise low-code application platforms.
23. Wirth, R., & Hipp, J. (2000, April). CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining (Vol. 1, pp. 29-39).
24. Cochran, James J., ed. Informs analytics body of knowledge. John Wiley & Sons, 2018.
25. OpenDS4All. <https://lfaidata.foundation/projects/opens4all/>
26. Python for Business by Software Carpentry. <https://zllu2.github.io/python-business/>
27. The Data Science Process (CRISP-DM) by Michael Fuchs. <https://michael-fuchs-python.netlify.app/2020/08/21/the-data-science-process-crisp-dm/>
28. Intro to pandas data structures by Greg Reda. <http://www.gregreda.com/2013/10/26/intro-to-pandas-data-structures/>
29. Modern Pandas blog series by Tom Augspurger (2016 to 2018). <https://tomaugspurger.github.io/modern-1-intro.html>
30. Pandas official documentation. <https://pandas.pydata.org/docs/>
31. Scikit-learn official documentation. [https://scikit-learn.org/stable/user\\_guide.html](https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html)
32. Deep Learning by IBM Cloud education - <https://www.ibm.com/cloud/learn/deep-learning>

33. Supervised vs. Unsupervised Learning: What's the Difference? by Julianna Delua, SME, IBM Analytics, Data Science/Machine Learning - <https://www.ibm.com/cloud/blog/supervised-vs-unsupervised-learning>
34. Géron, A. (2019). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. " O'Reilly Media, Inc."
35. Varoquaux, G., Buitinck, L., Louppe, G., Grisel, O., Pedregosa, F., & Mueller, A. (2015). Scikit-learn: Machine learning without learning the machinery. GetMobile: Mobile Computing and Communications, 19(1), 29-33.
36. scikit-learn Tutorials - <https://scikit-learn.org/stable/tutorial/index.html>
37. What is AutoML? <https://www.automl.org/automl/>
38. Auto-Sklearn: automated ML toolkit. <https://automl.github.io/auto-sklearn>
39. FLAML: a fast library for AutoML and tuning. <https://github.com/microsoft/FLAML>
40. AutoGluon: AutoML for Text, Image, and Tabular Data. <https://auto.gluon.ai/>
41. AutoKeras: An AutoML system based on Keras. <https://autokeras.com/>
42. IBM AutoAI demo. Available at: [https://mediacenter.ibm.com/media/Watson+Machine+Learning+-+AutoAI+demo/1\\_dffizxxd/163776472](https://mediacenter.ibm.com/media/Watson+Machine+Learning+-+AutoAI+demo/1_dffizxxd/163776472)
43. Amazon Sagemaker Canvas: Getting Started. Available at: <https://docs.aws.amazon.com/sagemaker/latest/dg/canvas-getting-started.html>
44. Scikit-learn: Permutation feature importance. [https://scikit-learn.org/stable/modules/permutation\\_importance.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/permutation_importance.html)
45. SHAP (SHapley Additive exPlanations). <https://shap.readthedocs.io/>
46. Creating custom losses in Keras. <https://keras.io/api/losses/>
47. CMAES: Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy. <https://cma-es.github.io/>
48. Nawsher Khan, Mohammed Alsaqer, Habib Shah, Gran Badsha, Aftab Ahmad Abbasi, Soulmaz Salehian: The 10 Vs, Issues and Challenges of Big Data. Conference Pape, March 2018 DOI:10.1145/3206157.3206166
49. Muhammad Habib ur Rehman, Ibrar Yaqoob, Khaled Salah, Muhammad Imran, Prem Prakash Jayaraman, harith Perera: The role of big data analytics in industrial Internet of Things. Future Generation Computer Systems. Vol. 99, 2019, Pages 247-259.
50. Yang, Yuchen & Wu, Longfei & Yin, Guisheng & Li, Lijie & Zhao, Hongbin. (2017). A Survey on Security and Privacy Issues in Internet-of-Things. IEEE Internet of Things Journal. PP. 1-1. 10.1109/JIOT.2017.2694844.
51. Sztipanovits, J., Ying, S., et.al. Foundations for Innovation: Strategic R&D Opportunities for 21st Century Cyber-Physical Systems - Connecting Computer and Information Systems With the Physical World, National Institute of Standards and Technology, 2013.
52. ZUBRZYCKI J., ŚWIĆ A., SOBASZEK Ł., KOVAC J., KRALIKOVA R., JENCIK R., SMIDOVA N., ARAPI P., DULENCIN P., HOMZA J.: CYBER-PHYSICAL SYSTEMS TECHNOLOGIES AS A KEY FACTOR IN THE PROCESS OF INDUSTRY 4.0 AND SMART MANUFACTURING DEVELOPMENT. Applied Computer Science, vol. 17, no. 4, pp. 84-99, 2021.
53. Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Shanay Rab, Rajiv Suman: Upgrading the manufacturing sector via applications of Industrial Internet of Things (IIoT). Sensors International, Volume 2, 2021, 100129.
54. Victor R. Kebande : Industrial internet of things (IIoT) forensics: The forgotten concept in the race towards industry 4.0. Forensic Science International: Reports. Volume 5, July 2022, 100257.
55. Ruohe Huang, Ruliang Xiao, Weifu Zhu, Ping Gong, Jinhui Chen, Imad Rida: Towards an efficient real-time kernel function stream clustering method via shared nearest-neighbor

- density for the IIoT. Information Sciences 566 (2021) 364–378.
56. MAMOONA HUMAYUN, NZ JHANJHI, MADALLAH ALRUWAILI ,SAGAYA SABESTINAL AMALATHAS, VENKI BALASUBRAMANIAN, BUVANA SELVARAJ: Privacy Protection and Energy Optimization for 5G-Aided Industrial Internet of Things. DOIId 10.1109/ACCESS.2020.3028764
  57. Wael William Diab, Alex Ferraro, Brad Klencz, Shi-Wan Lin, Edy Liongosari, Wadih Elie Tannous, Bassam Zarkout: Industrial IoT Artificial Intelligence Framework. <https://www.iiconsortium.org/pdf/Industrial-AI-Framework-Final-2022-02-21.pdf>
  58. Kisielnicki, Jerzy. IT Management Systems (Systemy informatyczne zarządzania) (in polish), PLACET, Warsaw, 2013.
  59. Laudon, Jane P.; Laudon, Kenneth C. Essentials of Management Information Systems, Pearson, 2011.
  60. Lewandowski, Jerzy; Skołod, Bożena; Plinta, Dariusz. Organization of production systems (Organizacja systemów produkcyjnych) (in polish), PWE, 2014.
  61. Sousa, Thales Botelho De et al. "AN OVERVIEW OF THE ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING SYSTEMS." Independent Journal of Management & Production, 5 (2014): 1032-1049.
  62. Szatkowski, Kazimierz. Modern production management. Process approach (Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe) (in polish), PWN, 2014.
  63. BehrTech (31 January 2019). "Top 10 IoT Sensor Types". <https://behrtech.com/blog/top-10-iot-sensor-types/>
  64. GeeksforGeeks (24 February 2021). "Actuators in IoT". <https://www.geeksforgeeks.org/actuators-in-iot/>
  65. Jost, Danny (10 June 2019). "What is a sensor?". <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-sensor>
  66. Kacperczyk, Dariusz (14 January 2022). "CMMS system - can it be more than just a maintenance management tool?" ("System CMMS – czy może być czymś więcej, niż tylko narzędziem do zarządzania UR?) (in polish). <https://biznes.newseria.pl/biuro-prasowe/przemysl/system-cmms-czy-moze,b1187097327>
  67. Kall, Jonathan. "Manufacturing Execution Systems: Leveraging Data for Competitive Advantage". [https://www.qualitydigest.com/aug99/html/body\\_mes.html](https://www.qualitydigest.com/aug99/html/body_mes.html)
  68. Kumar, Ravi (1 August 2019). "What is the five layer automation pyramid?". <https://medium.com/world-of-iiot/92-what-is-the-five-layer-automation-pyramid-d0ccc1b903c3>
  69. Misra, Joydeep (7 July 2017). "The Control System | The Brain in an IoT Device". <https://bridgera.com/iiot-device-control-system/>
  70. Variohm (11 May 2020). "Types of Sensors". <https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/types-of-sensors>
  71. Visschers-Consulting. "Manufacturing Execution System". <https://www.visschers-consulting.com/manufacturing-execution-system-mes>
  72. ITU-T. Overview of the Internet of Things. ITU-T SERIES Y: Global information infrastructure Internet protocol aspects and next-generation networks, recommendation Y.20606/2012.
  73. Industrial Internet Consortium. Industrial internet reference architecture. [Online]. Available: <http://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>
  74. International Electrotechnical Commission (IEC), IoT 2020: Smart and Secure IoT Platform. IEC, Switzerland, 2016
  75. Cybersecurity of Industrial Systems, Jean-Marie Flaus, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc, 2019, ISBN 978-1-78630-421-6
  76. Industrial Cybersecurity, Pascal Ackerman, Second Edition, 2021 Packt Publishing, ISBN: 978-1-80020-209-2
  77. Jasenka Dizdarevic, Francisco Carpio, Admela Jukan, Xavi Masip-Bruin Survey of

- Communication Protocols for Internet-of-Things and Related Challenges of Fog and Cloud Computing Integration, 27 Feb 2019, arXiv:1804.01747v2
78. Wafa'a Kassab, Khalid A. Darabkh A-Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications, recent advances, future directions and recommendations, *Journal of Network and Computer Applications*, Volume 163, 2020, 102663, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102663>.
  79. James F. Kurose, Keith W. Ross *Computer Networking. A Top-Down Approach*, Pearson Education Limited, Harlow, 2017.
  80. Rolando Herrero *Fundamentals of IoT Communication Technologies*, Springer Cham, 2022, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70080-5>
  81. Simone Cirani, Taneto, Gattatico, Gianluigi Ferrari, Marco Picone, Luca Veltri *Internet of things : architectures, protocols and standards*, Hoboken, NJ : Wiley, 2019
  82. Delsing, J. et al. (2014). Migration of SCADA/DCS Systems to the SOA Cloud. In: Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatis Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, François Jammes, Jose L. Martinez Lastra *Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems*, pp. 111 – 137, Springer, Cham, 2014.
  83. Nappey, P. et al. (2014). Migration of a Legacy Plant Lubrication System to SOA. In: Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatis Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, François Jammes, Jose L. Martinez Lastra *Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems*, pp. 167 – 182, Springer, Cham, 2014.
  84. J. P. Thomesse, "Fieldbus technology in industrial automation," *Proc. IEEE*, vol. 93, no. 6, pp. 1073–1101, Jun. 2015.
  85. J. D. Decotignie, "Ethernet-based real-time and industrial communications," *Proc. IEEE*, vol. 93, no. 6, pp. 1102–1117, Jun. 2018.
  86. A. Willig, "Recent and emerging topics in wireless industrial communications: A selection," *IEEE Trans. Ind. Informat.*, vol. 4, no. 2, pp. 102–124, May 2008.
  87. T. Sauter, "The three generations of field-level networks—Evolution and compatibility issues," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 11, pp. 3585–3595, Nov. 2020.
  88. B. Galloway and G. P. Hancke, "Introduction to industrial control networks," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 15, no. 2, pp. 860–880, 2nd Quart., 2021.
  89. M. Wollschlaeger, T. Sauter, and J. Jasperneite, "The future of industrial communication: Automation networks in the era of the Internet of Things and Industry 4.0," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–27, Mar. 2020.
  90. S. Mumtaz, A. Alsohaily, Z. Pang, A. Rayes, K. F. Tsang, and J. Rodriguez, "Massive Internet of Things for industrial applications: Addressing wireless IIoT connectivity challenges and ecosystem fragmentation," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 11, no. 1, pp. 28–33, Mar. 2020.
  91. D. O'Halloran and E. Kvochko, "Industrial Internet of Things: Unleashing the potential of connected products and services," *World Econ. Forum*, Cologny, Switzerland, Tech. Rep., 2021. [Online]. Available: <http://reports.weforum.org/industrialinternet-of-things/>
  92. C. Perera, C. H. Liu, and S. Jayawardena, "The emerging Internet of Things marketplace from an industrial perspective: A survey," *IEEE Trans. Emerg. Topics Comput.*, vol. 3, no. 4, pp. 585–598, Dec. 2015.
  93. *Automotive Ethernet: An Overview*, ixia, Calabasas, CA, USA, Tech. Rep., 2014. [Online]. Available: [www.ixiacom.com/sites/default/files/resources/whitepaper/ixia-automotive-ethernet-primerwhitepaper\\_1.pdf](http://www.ixiacom.com/sites/default/files/resources/whitepaper/ixia-automotive-ethernet-primerwhitepaper_1.pdf)
  94. J. P. Thomesse, "Fieldbuses and Interoperability," *Control Eng. Pract.*, vol. 7, no. 1, pp. 81–94, 1998.
  95. G. Cena, L. Durante, and A. Valenzano, "Standard field bus networks for industrial applications," *Comput. Standards Interfaces*, vol. 17, no. 2, pp. 155–167, Jan. 1995.
  96. J.-D. Decotignie, "The many faces of industrial Ethernet [past and present]," *IEEE Ind. Electron.*



- Mag., vol. 3, no. 1, pp. 8–19, Mar. 2009.
97. F. D. Pellegrini, D. Miorandi, S. Vitturi, and A. Zanella, "On the use of wireless networks at low level of factory automation systems," IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 2, no. 2, pp. 129–143, May 2006.
  98. Armbrust, Michael, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Konwinski, Gunho Lee et al. "A view of cloud computing." Communications of the ACM 53, no. 4 (2010): 50-58.
  99. Varghese, Blesson, Nan Wang, Sakil Barbhuiya, Peter Kilpatrick, and Dimitrios S. Nikolopoulos. "Challenges and opportunities in edge computing." In 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud), pp. 20-26. IEEE, 2016.
  100. Hamilton, Eric (27 December 2018). "What is Edge Computing: The Network Edge Explained". <https://www.cloudwards.net/what-is-edge-computing/>
  101. Cloud Computing Services – Amazon Web Services. <https://aws.amazon.com/>
  102. Microsoft Azure: Cloud Computing Services. <https://azure.microsoft.com/>
  103. Google Cloud: Cloud Computing Services. <https://cloud.google.com/>
  104. Top 10 Cloud Service Providers in 2021. <https://www.c-sharpcorner.com/article/top-10-cloud-service-providers/>
  105. Top IaaS Providers in 2022. <https://www.datamation.com/cloud/iaas-providers/>
  106. More Kubernetes, Less Serverless, According to Latest CNCF Report. <https://leeatchison.com/blog/more-kubernetes-less-serverless-cncf-report/>
  107. Marinescu, D. C. Cloud Computing: Theory and Practice. Morgan Kaufmann. (2023)<https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=XOBWEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=cloud+computing+2022&ots=F0olwbxyIb&sig=P93ax1qmmnfdpTdnh-MBxDxtpTY#v=onepage&q=cloud%20computing%202022&f=false>
  108. AWS vs Azure in 2021 (Comparing the Cloud Computing Giants). <https://kinsta.com/blog/aws-vs-azure/>
  109. Azure vs AWS and Google Cloud: What is Best for You in 2022? <https://www.fordway.com/azure-vs-aws-and-google-cloud-what-is-best-for-you-in-2022>
  110. State of the Cloud. Flexera Report 2022. <https://info.flexera.com/CM-REPORT-State-of-the-Cloud>
  111. AWS vs. Azure vs. Google Cloud: 2022 Cloud Platform Comparison. Datamation. <https://www.datamation.com/cloud/aws-vs-azure-vs-google-cloud/>
  112. Google Cloud Services : All You Need To Know About GCP Services. Eureka! <https://www.edureka.co/blog/google-cloud-services/>
  113. Top 5 Performance Metrics Every Azure Administrator Should Monitor. <https://cloudmonix.com/blog/top-5-performance-metrics-every-azure-administrator-must-measure/>
  114. Spot Instances: How to Reduce AWS, Azure, and GCP Costs by 90%. <https://cast.ai/blog/how-to-reduce-cloud-costs-by-90-spot-instances-and-how-to-use-them/>
  115. AWS vs Azure vs Google Cloud: Choosing the Right Cloud Platform. <https://intellipaat.com/blog/aws-vs-azure-vs-google-cloud/>
  116. Cloud a three-player market dominated by AWS, Google, Microsoft. [https://www.theregister.com/2022/05/02/cloud\\_market\\_share\\_q1\\_2022/](https://www.theregister.com/2022/05/02/cloud_market_share_q1_2022/)
  117. Cloud Market Share 2022: Amazon AWS, Microsoft Azure, Google Cloud. <https://www.channele2e.com/news/cloud-market-share-amazon-aws-microsoft-azure-google/>
  118. Compute compared: AWS vs Azure vs GCP. <https://acloudguru.com/blog/engineering/compute-compared-aws-vs-azure-vs-gcp>
  119. Cloud compute services comparison. <https://blog.briebug.com/blog/cloud-compute-services-comparison>

120. 2021 Cloud Report. Cockroach Labs. [https://www.cockroachlabs.com/guides/2021-cloud-report/#mktoForm\\_1124](https://www.cockroachlabs.com/guides/2021-cloud-report/#mktoForm_1124)
121. Opciones de IaaS vs. PaaS en AWS, Azure y Google Cloud Platform. (In Spanish) <https://www.computerweekly.com/es/consejo/Opciones-de-IaaS-vs-PaaS-en-AWS-Azure-y-Google-Cloud-Platform>
122. Get ready for the future. Meet Azure Synapse. <https://www.datashift.eu/blog/get-ready-for-the-future-meet-azure-synapse>
123. Rose, Scott, et al. Zero trust architecture. No. NIST Special Publication (SP) 800-207. National Institute of Standards and Technology, 2020.
124. Varghese, Blesson, Nan Wang, Sakil Barbhuiya, Peter Kilpatrick, and Dimitrios S. Nikolopoulos. "Challenges and opportunities in edge computing." In 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud), pp. 20-26. IEEE, 2016.
125. Shirazi, Syed Noorulhassan, Antonios Gouglidis, Arsham Farshad, and David Hutchison. "The extended cloud: Review and analysis of mobile edge computing and fog from a security and resilience perspective." IEEE Journal on Selected Areas in Communications 35, no. 11 (2017): 2586-2595.
126. Amazon Web Services. <https://aws.amazon.com/>
127. Microsoft PowerBI. <https://powerbi.microsoft.com/>
128. MQTT. <https://mqtt.org/>
129. AWS EC2 Service. <https://aws.amazon.com/es/ec2>
130. Smart Cities. ElecNor. <https://smartcities.elecnor.com/index-en.html>
131. Rolling plan for ICT Standardisation. Cloud and Edge Computing. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/cloud-and-edge-computing-0>
132. Cloud computing and distributed platforms. ISO/IEC JTC 1/SC 38 Standard. [http://www.iso.org/iso/jtc1\\_sc38\\_home](http://www.iso.org/iso/jtc1_sc38_home)
133. Y.Sup49 : ITU-T Y.3500-series - Cloud computing standardization roadmap. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.Sup49/en>
134. Cloud computing: from paradigm to operation. ITU Report. <https://www.itu.int/en/publications/Documents/tsb/2020-Cloud-computing-From-paradigm-to-operation/index.html#p=1>
135. IEEE Standards Activities in Cloud/Edge/Fog Computing. <https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/documents/other/cloudcomputing.pdf>
136. Top 6 Cloud Computing Trends for 2022. Techgenix. <https://techgenix.com/top-6-cloud-computing-trends-for-2022/>
137. European industrial technology roadmap for the next generation cloud-edge offering. [https://ec.europa.eu/newsroom/repository/document/2021-18/European\\_CloudEdge\\_Technology\\_Investment\\_Roadmap\\_for\\_publication\\_pMdz85DSw6nqPppq8hE9S9RbB8\\_76223.pdf](https://ec.europa.eu/newsroom/repository/document/2021-18/European_CloudEdge_Technology_Investment_Roadmap_for_publication_pMdz85DSw6nqPppq8hE9S9RbB8_76223.pdf)
138. Selvam, J. Green Computing and Power Management. International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST), 3:6, 2015. <http://www.ijcstjournal.org/volume-3/issue-6/IJCST-V3I6P21.pdf>
139. Green Computing. The Future of Computing. DataScience Foundation. <https://datascience.foundation/datatalk/green-computing-the-future-of-computing>
140. How to apply Green Computing. <http://kamipunyaassignment.blogspot.com/2011/11/how-to-apply-green-computing.html>
141. 7 Advantages and Disadvantages of Green Computing | Drawbacks & Benefits of Green Computing. <https://www.hitechwhizz.com/2020/12/7-advantages-and-disadvantages-drawbacks-benefits-of-green-computing.html>
142. 2020 Cloud Security Report. (ISC)2. <https://cloud.connect.isc2.org/cloud-security-report>

143. Una guía completa de Cloud Security en 2022 (Riesgos, mejores prácticas, certificaciones). <https://kinsta.com/es/blog/seguridad-nube/> (in Spanish)
144. 20 cloud security risks + cloud cybersecurity best practices for 2022. Norton. <https://us.norton.com/internetsecurity-privacy-cloud-security-risks.html#>
145. Estrategias para proteger las cargas de trabajo en la nube con modelos de seguridad compartida. Guardiore. <https://www.guardicore.com/wp-content/uploads/2019/08/Estrategias-para-proteger-las-cargas-de-trabajo-en-el-nube-con-modelos-de-seguridad-compartida.pdf> (in Spanish)
146. Avoiding the Pitfalls of the Shared Responsibility Model for Cloud Security. Paloalto Networks. <https://www.paloaltonetworks.com/blog/prisma-cloud/pitfalls-shared-responsibility-cloud-security/>
147. What is Cloud Workload Security? Check point. <https://www.checkpoint.com/cyber-hub/cloud-security/what-is-cloud-workload-security/>
148. Bajic, B., Cosic, I., Katalinic, B., et al. EDGE COMPUTING VS. CLOUD COMPUTING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN INDUSTRY 4.0. 30TH DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION. [https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings\\_2019/120.pdf](https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2019/120.pdf)
149. Carvalho, G., Cabral, B., Pereira, V. et al. Edge computing: current trends, research challenges and future directions. Computing 103, 993–1023 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00607-020-00896-5>
150. Vermesan, O., Eisenhauer, M., Serrano, M., et al. The Next Generation Internet Of Things - Hyperconnectivity and Embedded Intelligence at the Edge. IoT [https://european-iot-pilots.eu/wp-content/uploads/2020/06/SRIA-2018\\_The\\_Next\\_Generation\\_IoT\\_Hyperconnectivity\\_and\\_Embedded\\_Intelligence\\_at\\_the\\_Edge\\_Research\\_Trends\\_IERC\\_2018\\_Cluster\\_eBook\\_978-87-7022-007-1\\_P\\_Web.pdf](https://european-iot-pilots.eu/wp-content/uploads/2020/06/SRIA-2018_The_Next_Generation_IoT_Hyperconnectivity_and_Embedded_Intelligence_at_the_Edge_Research_Trends_IERC_2018_Cluster_eBook_978-87-7022-007-1_P_Web.pdf)
151. Nicolae, A., Korodi, A., & Silea, I. An Overview of Industry 4.0 Development Directions in the Industrial Internet of Things Context. ROMANIAN JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 22:3–4, pp.183–201. (2019) <https://romjist.ro/full-texts/paper627.pdf>
152. <http://taxonomy.planet4project.eu/>
153. <https://www.planet4project.eu/best-practices/>