

**OPTIMASI MODEL *NEURAL COLLABORATIVE FILTERING*
UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PREDIKSI DALAM
REKOMENDASI FILM BERDASARKAN *RATING*
(Studi Kasus: MovieLens)**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



Oleh:

Muhammad Rizki Wahyudie

2001151

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK
KAMPUS UPI DI CIBIRU
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

**OPTIMASI MODEL *NEURAL COLLABORATIVE FILTERING*
UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PREDIKSI DALAM
REKOMENDASI FILM BERDASARKAN *RATING*
(Studi Kasus: *MovieLens*)**

Oleh
Muhammad Rizki Wahyudie
2001151

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

©Muhammad Rizki Wahyudie
Universitas Pendidikan Indonesia
Januari 2025

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa seizin penulis

HALAMAN PENGESAHAN

Muhammad Rizki Wahyudie

NIM 2001151

**OPTIMASI MODEL *NEURAL COLLABORATIVE FILTERING*
UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PREDIKSI DALAM
REKOMENDASI FILM BERDASARKAN *RATING*
(Studi Kasus: MovieLens)**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dian Anggraini, S.ST., MT.

NIP 920190219930526201

Pembimbing II



Hendriyana, S.T., M. Kom.

NIP 920190219870504101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M. Kom.

NIP 9201190219910328101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizki Wahyudie
NIM : 2001151
Program Studi : Rekayasa Perangkat Lunak
Judul Skripsi : OPTIMASI MODEL *NEURAL COLLABORATIVE FILTERING*
UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PREDIKSI DALAM
REKOMENDASI FILM BERDASARKAN *RATING* (Studi Kasus:
MovieLens)

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri.

Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 12 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rizki Wahyudie

NIM 2001151

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Model *Neural Collaborative Filtering* Untuk Meningkatkan Akurasi Prediksi Dalam Rekomendasi Film Berdasarkan *Rating* (Studi Kasus: MovieLens)” ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta seluruh umatnya hingga akhir zaman. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Solehuddin, M.Pd., MA., selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Bapak Prof. Prof. Dr. Deni Darmawan, M.Si, selaku selaku Direktur UPI Kampus di Cibiru.
3. Bapak M. Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom., selaku kepala program studi Rekayasa Perangkat Lunak, yang telah memberikan arahan, dan dukungan yang penuh semangat kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Ibu Dian Anggraini, S.ST., MT., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan arahan penting, bimbingan, dan dukungan penuh serta meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan saran dan masukan yang konstruktif bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Hendriyana, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan penuh selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
6. Para dosen serta pegawai di lingkungan Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Orang Tua dan Keluarga Tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi yang tiada henti dalam setiap langkah penulis hingga saat ini.

8. Dita Raudya Tujjahra, S.M. terima kasih telah menjadi penyemangat, rumah, pendengar, dan penasehat yang baik dan memberikan dukungan dengan tulus untuk berjuang menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.
9. Teman-teman seperjuangan, khususnya kepada para sahabat dan keluarga RPL, yang telah memberikan dukungan, semangat, serta berbagi suka dan duka bersama selama perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT, dan semoga kita semua selalu berada dalam ridho dan lindungan-Nya.

Bandung, 12 Januari 2025



Muhammad Rizki Wahyudie

NIM 2001151

ABSTRAK

OPTIMASI MODEL *NEURAL COLLABORATIVE FILTERING* UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PREDIKSI DALAM REKOMENDASI FILM BERDASARKAN *RATING* (Studi Kasus: MovieLens)

Muhammad Rizki Wahyudie

NIM 2001151

Pesatnya perkembangan internet menyebabkan lonjakan data yang memicu kelebihan informasi di industri hiburan, khususnya film. Rekomendasi Film menjadi solusi untuk membantu pengguna menemukan konten yang relevan. *Neural Collaborative Filtering* (NCF), sebagai pendekatan *deep learning*, menawarkan keunggulan dalam memodelkan interaksi pengguna dan item dibandingkan metode tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengoptimalkan model NCF dalam sistem rekomendasi film menggunakan dataset MovieLens 100K, serta menganalisis dampak *hyperparameter tuning*, termasuk variasi *learning rate*, *batch size*, dan jenis *optimizer*, terhadap kinerja model untuk meningkatkan akurasi prediksi rekomendasi. Evaluasi dilakukan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *optimizer* Nadam dengan *learning rate* 0,00002 dan *batch size* 256 memberikan tingkat *error* yang rendah, dengan RMSE sebesar 0,8697 dan MAE sebesar 0,6678. Selain itu, nilai *loss train* sebesar 0,4236 dan *loss validation* sebesar 0,7950 menunjukkan konsistensi model dalam proses pelatihan dan validasi. *Hyperparameter tuning* terbukti efektif dalam meningkatkan performa model, menjadikannya lebih adaptif terhadap karakteristik data. Indikator penilaian menunjukkan bahwa model ini memiliki kinerja yang sangat baik dalam meningkatkan akurasi rekomendasi film. Temuan ini memberikan wawasan praktis bagi pengembang sistem rekomendasi dalam memilih parameter optimal untuk meningkatkan akurasi dan pengalaman pengguna.

Kata Kunci: *Dataset MovieLens, Hyperparameter tuning, Neural Collaborative Filtering, Rekomendasi Film, Root Mean Square Error (RMSE).*

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF THE NEURAL COLLABORATIVE FILTERING MODEL TO ENHANCE RATING PREDICTION ACCURACY IN MOVIE RECOMMENDATIONS (Case Study: MovieLens)

Muhammad Rizki Wahyudie

NIM 2001151

The rapid development of the internet has led to a surge in data, causing information overload in the entertainment industry, particularly in films. Movie recommendations have become a solution to help users find relevant content. Neural Collaborative Filtering (NCF), a deep learning approach, offers advantages in modeling user-item interactions compared to traditional methods. This study aims to implement and optimize the NCF model in a movie recommendation system using the MovieLens 100K dataset, and to analyze the impact of hyperparameter tuning, including variations in learning rate, batch size, and optimizer type, on model performance to improve recommendation accuracy. Evaluation is performed using Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE). Results show that using the Nadam optimizer with a learning rate of 0.00002 and a batch size of 256 yields low error rates, with an RMSE of 0.8697 and an MAE of 0.6678. Additionally, the training loss of 0.4236 and validation loss of 0.7950 demonstrate consistency in both training and validation processes. Hyperparameter tuning is shown to effectively improve model performance, making it more adaptive to data characteristics. The evaluation indicators show that the model performs excellently in improving recommendation accuracy. These findings provide practical insights for recommendation system developers to choose optimal parameters to enhance accuracy and user experience.

Keywords: *Film Recommendation, Hyperparameter tuning, MovieLens dataset, Neural Collaborative Filtering, Root Mean Square Error (RMSE).*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu (<i>State of The Art</i>).....	6
2.2. <i>Artificial Intelligence</i>	12
2.3. <i>Machine Learning</i>	12
2.4. <i>Deep Learning</i>	15
2.5. <i>Neural Network</i>	17
2.5.1. Fungsi Aktivasi	20
2.6. <i>Deep Neural Network</i>	22
2.7. Sistem Rekomendasi	24
2.8. <i>Dataset MovieLens</i>	28
2.9. <i>Neural Collaborative Filtering (NCF)</i>	30
2.10. Evaluasi Model	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1. Desain Penelitian.....	35
3.1.1. Klarifikasi Penelitian	36

3.1.2	Studi Deskriptif 1	36
3.1.3	Studi Prespektif	37
3.1.4.	Studi Deskriptif 2	45
3.2.	Instrumen Penelitian.....	46
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian.....	47
3.4.	Analisis Data	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Pengumpulan Data	51
4.2.	<i>Preprocessing</i>	53
4.2.1.	Mengimpor library dan modul	53
4.2.2.	Mengimpor data	53
4.2.3.	Melakukan <i>cleaning</i> data	53
4.2.4.	Menggabungkan data.....	54
4.2.5.	Pembagian Data.....	55
4.3.	Arsitektur Model <i>Neural Collaborative Filtering</i> (NCF).....	55
4.4.	Pelatihan Model.....	56
4.5.	Evaluasi Model.....	57
4.6.	Hasil Optimasi <i>Hyperparameter Tuning</i>	60
4.6.1.	Pengaruh Optimizer.....	60
4.6.2.	Hasil Optimasi <i>Learning Rate</i> dan <i>Batch Size</i>	63
4.7.	Evaluasi dan Analisis Hasil	70
4.8.	Membuat Rekomendasi Film Kepada Pengguna	72
4.9.	Evaluasi dan Analisis Hasil Menggunakan Dataset MovieLenss 1M.....	75
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		81
5.1.	Simpulan	81
5.2.	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		83
LAMPIRAN		89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Peneliti Terdahulu	10
Tabel 3.1 Konfigurasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Penelitian	47
Tabel 3.2 Daftar Library	47
Tabel 4.1 Dataset Rating.....	51
Tabel 4.2 Dataset Film.....	52
Tabel 4.3 Dataset Tags.....	52
Tabel 4.4 Rincian Dataset yang Digunakan.....	52
Tabel 4.5 Hasil Cleaning Data	54
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan split data	55
Tabel 4.7 Nilai Parameter Pada Pelatihan Model.....	57
Tabel 4.8 Hasil Loss, dan Waktu Pelatihan Model	58
Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Model Neural Collaborative Filtering (NCF).....	59
Tabel 4.10 Parameter Hyperparameter tuning Berdasarkan Optimizer	60
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi Berdasarkan Optimizer.....	61
Tabel 4.12 Hasil Evaluasi Berdasarkan Kombinasi Learning rate dan Batch size	64
Tabel 4.13 Hasil Evaluasi Model Neural Collaborative Filtering (Akhir)	70
Tabel 4.14 Hasil 10 Prediksi Rating menggunakan Data Uji	71
Tabel 4.15 Hasil 5 Rekomendasi Film Kepada 5 Pengguna.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hirarki Artificial Intelligence.....	12
Gambar 2.2 Model Neural Networok	17
Gambar 2.3 Grafik Fungsi Aktivasi ReLU	21
Gambar 2.4 Cara Kerja Deep Neural Network	23
Gambar 2.5 Hirarki Sistem Rekomendasi	25
Gambar 2.6 Cara kerja content-based filtering	26
Gambar 2.7 Cara Kerja Collaborative filtering.....	26
Gambar 2.8 Arsitektur Neural Collaborative filtering.....	30
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	35
Gambar 3.2 Prosedur Pengembangan Model Sistem Rekomendasi Film	38
Gambar 3.3 Pengembangan Arsitektur Neural Collaborative Filtering (NCF)	40
Gambar 4.1 Arsitek Model	56
Gambar 4.2 Visualisasi Loss Model Neural Collaborative Filtering (NCF)	58
Gambar 4.3 Visualisasi Loss dengan Optimizer Adam dan Nadam	61
Gambar 4.4 Visualisasi Loss Overfitting dan Non-Overvitting.....	66
Gambar 4.5 Pengaruh Parameter Leaning Rate Terhadap Loss Value	68
Gambar 4.6 Pengaruh Parameter Batch Size Terhadap Loss Value	69

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, D., Suarna, N., & Arie Wijaya, Y. (2023). Performance Comparison Analysis Of Optimizer Adam, SGD, and RMSPROP on The H5 Model. *Jurnal Ilmiah NERO*, 8(1), 2023.
- Ayemowa, M. O., Ibrahim, R., & Bena, Y. A. (2024). A systematic review of the literature on deep learning approaches for cross-domain recommender systems. *Decision Analytics Journal*, 13(September), 100518. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100518>
- Ayyiyah, N. K., Kusumaningrum, R., & Rismiyati, R. (2023). Film Recommender System Menggunakan Metode Neural Collaborative Filtering. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 10(3), 699–708. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20231036616>
- Barzegar Nozari, R., & Koohi, H. (2021). Novel implicit-trust-network-based recommendation methodology. *Expert Systems with Applications*, 186, 115709. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115709>
- Boateng, E. Y., Otoo, J., & Abaye, D. A. (2020). Basic Tenets of Classification Algorithms K-Nearest-Neighbor, Support Vector Machine, Random Forest and Neural Network: A Review. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 08(04), 341–357. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2020.84020>
- Buckner, C. (2019). Deep learning: A philosophical introduction. *Philosophy Compass*, 14(10). <https://doi.org/10.1111/phc3.12625>
- Chang, Y.-S., Han, M., Jeon, B., Kim, J.-C., & Park, N. (2023). An Neural Collaborative Filtering (NCF) based Recommender System for Personalized Rehabilitation Exercises. *2023 14th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 1292–1297. <https://doi.org/10.1109/ICTC58733.2023.10393615>
- Chen, J., Liu, Z., Huang, X., Wu, C., Liu, Q., Jiang, G., Pu, Y., Lei, Y., Chen, X., Wang, X., Zheng, K., Lian, D., & Chen, E. (2024). When large language models meet personalization: perspectives of challenges and opportunities. *World Wide Web*, 27(4), 1–45. <https://doi.org/10.1007/s11280-024-01276-1>
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–24. <https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.623>
- Divekar, R. R., Drozdal*, J., Chabot*, S., Zhou, Y., Su, H., Chen, Y., Zhu, H., Hendler, J. A., & Braasch, J. (2022). Foreign language acquisition via artificial intelligence

- and extended reality: design and evaluation. *Computer Assisted Language Learning*, 35(9), 2332–2360. <https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1879162>
- Dongare, A. D., Kharde, R. R., & Kachare, A. D. (2012). Introduction to Artificial Neural Network (ANN) Methods. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2(1), 189–194.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Ebneyamini, S. (2022). Towards Developing a Framework for Conducting Management Studies Using Design Research Methodology. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 1–7. <https://doi.org/10.1177/16094069221112245>
- Erickson, B. J. (2021). Basic Artificial Intelligence Techniques. *Radiologic Clinics of North America*, 59(6), 933–940. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2021.06.004>
- Faizin, A., & Surjandari, I. (2020). Product recommender system using neural collaborative filtering for marketplace in indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 909(1), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012072>
- Fayyaz, Z., Ebrahimian, M., Nawara, D., Ibrahim, A., & Kashef, R. (2020). Recommendation systems: Algorithms, challenges, metrics, and business opportunities. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(21), 1–20. <https://doi.org/10.3390/app10217748>
- Ferreira, J., Callou, G., Josua, A., Tutsch, D., & Maciel, P. (2019). An artificial neural network approach to forecast the environmental impact of data centers. *Information (Switzerland)*, 10(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/info10030113>
- Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., Liu, T., Wang, X., Wang, G., Cai, J., & Chen, T. (2018). Recent advances in convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, 77, 354–377. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.10.013>
- Han, S. C., Lim, T., Long, S., Burgstaller, B., & Poon, J. (2021). GLocal-K: Global and Local Kernels for Recommender Systems. Dalam *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings* (Vol. 1, Nomor 1). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3459637.3482112>

- He, X., Liao, L., Zhang, H., Nie, L., Hu, X., & Chua, T. S. (2017). Neural collaborative filtering. *26th International World Wide Web Conference, WWW 2017*, 173–182. <https://doi.org/10.1145/3038912.3052569>
- Hughes, A. (LNS R. (2018). *The Impact of the Internet of Things on MOM Solutions*.
- Ilhamsyah dkk. (2022). Jurnal Resti. *Resti*, 6(6), 958–965.
- Jaboob, A., Durrah, O., & Chakir, A. (2024). *Artificial Intelligence: An Overview* (hlm. 3–22). https://doi.org/10.1007/978-3-031-50300-9_1
- Joshi, M., Melo, D. P., Ouyang, D., Slomka, P. J., Williams, M. C., & Dey, D. (2023). Current and Future Applications of Artificial Intelligence in Cardiac CT. *Current Cardiology Reports*, 25(3), 109–117. <https://doi.org/10.1007/s11886-022-01837-8>
- Jothi, K. R., LokeshKumar, R., Anto, S., & Tyagi, G. (2019). Qualitative analysis of models and issues in recommender systems. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 16(5–6), 1881–1888. <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.7819>
- Kiliçarslan, S., & Celik, M. (2021). RSigELU: A nonlinear activation function for deep neural networks. *Expert Systems with Applications*, 174, 114805. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114805>
- Ko, H., Lee, S., Park, Y., & Choi, A. (2022). A Survey of Recommendation Systems: Recommendation Models, Techniques, and Application Fields. *Electronics (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/electronics11010141>
- Kotsiantis, S. B., Zaharakis, I. D., & Pintelas, P. E. (2006). Machine learning: a review of classification and combining techniques. *Artificial Intelligence Review*, 26(3), 159–190. <https://doi.org/10.1007/s10462-007-9052-3>
- Kwon, S. J. (2011). Artificial neural networks. *Artificial Neural Networks*, 1–426. <https://doi.org/10.15864/jmscm.1104>
- Li, Z., Li, A., Bai, F., Zuo, H., & Zhang, Y. (2024). Remaining useful life prediction of lithium battery based on ACNN-Mogrifier LSTM-MMD. *Measurement Science and Technology*, 35(1), 016101. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad006d>
- Lin, G., & Shen, W. (2018). Research on convolutional neural network based on improved Relu piecewise activation function. *Procedia Computer Science*, 131, 977–984. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.239>
- Mao, Q., Hu, F., & Hao, Q. (2018). Deep Learning for Intelligent Wireless Networks: A Comprehensive Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(4), 2595–2621. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2846401>

- Martins, G. B., Papa, J. P., & Adeli, H. (2020). Deep learning techniques for recommender systems based on collaborative filtering. *Expert Systems*, 37(6). <https://doi.org/10.1111/exsy.12647>
- Meduri. (2023). *Activation functions in Neural Networks - GeeksforGeeks*. 7(2), 214–227.
- Mulyana, H. L., & Rumaisa, F. (2024). *Course Learning Recommendation System Using Neural Collaborative Filtering*. 4(2), 517–524.
- Murty, C. S. V. V. S. N., Saradhi Varma, G. P., & Satyanarayana, Ch. (2022). Content-Based Collaborative Filtering with Hierarchical Agglomerative Clustering Using User/ Item based Ratings. *Journal of Interconnection Networks*, 22(Supp01). <https://doi.org/10.1142/S0219265921410267>
- Nayak, J., Vakula, K., Dinesh, P., Naik, B., & Pelusi, D. (2020). Intelligent food processing: Journey from artificial neural network to deep learning. *Computer Science Review*, 38, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100297>
- Niu, B., Ma, J., & Yang, Z. (2021). A Comparative Study of CF And NCF In Children's Book Recommender System. *2021 3rd International Workshop on Artificial Intelligence and Education (WAIE)*, 43–47. <https://doi.org/10.1109/WAIE54146.2021.00017>
- Nugroho, D. A., Lubis, C., & Perdana, N. J. (2024). Sistem Rekomendasi Film Menggunakan Metode Neural Collaborative Filtering Movie Recommendation System Using Neural Collaborative Filtering. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 7(3), 6765–6775.
- Pradana, M. A., & Wibowo, A. T. (2024). *Filtering With Word2Vec and Restricted Boltzmann*. 9(1), 231–241.
- Prayugo, M. B. D., Nafisa, N. A., Yulianas, A., & Fahmi, H. (2023). *Human Voice Recognition System with Backpropagation Neural Network Method*. Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-148-7_43
- Prieto, A., Prieto, B., Ortigosa, E. M., Ros, E., Pelayo, F., Ortega, J., & Rojas, I. (2016). Neural networks: An overview of early research, current frameworks and new challenges. *Neurocomputing*, 214, 242–268. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.06.014>
- Putra, V., Agni, D., Kurniawan, R., & Wijaya, Y. A. (2024). Akurasi Naïve Bayes Untuk Analisis Sentimen Twitter Berdasarkan Split Data Accuracy of Naïve Bayes for Twitter Sentiment Analysis Based on Split Data. *Journal of Computing Engineering, System and Science* e-ISSN, 9(1), 238–250.

- Qalbyassalam, C., Rachmadi, R. F., & Kurniawan, A. (2022). Skincare Recommender System Using Neural Collaborative Filtering with Implicit Rating. *2022 International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia (CENIM)*, 272–277. <https://doi.org/10.1109/CENIM56801.2022.10037471>
- Raschka, S. (2018). *Model Evaluation, Model Selection, and Algorithm Selection in Machine Learning*.
- Rashed, A., Grabocka, J., & Schmidt-Thieme, L. (2019a). Attribute-aware non-linear co-embeddings of graph features. *RecSys 2019 - 13th ACM Conference on Recommender Systems*, 314–321. <https://doi.org/10.1145/3298689.3346999>
- Rashed, A., Grabocka, J., & Schmidt-Thieme, L. (2019b). Attribute-aware non-linear co-embeddings of graph features. *RecSys 2019 - 13th ACM Conference on Recommender Systems*, 314–321. <https://doi.org/10.1145/3298689.3346999>
- Roy, D., & Dutta, M. (2022). A systematic review and research perspective on recommender systems. *Journal of Big Data*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00592-5>
- Sajja, P. S. (2021). *Introduction to Artificial Intelligence* (hlm. 1–25). https://doi.org/10.1007/978-981-15-9589-9_1
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Stursa, D., & Dolezel, P. (2019). Comparison of ReLU and linear saturated activation functions in neural network for universal approximation. *2019 22nd International Conference on Process Control (PC19)*, 146–151. <https://doi.org/10.1109/PC.2019.8815057>
- Vargas, V. M., Guijo-Rubio, D., Gutiérrez, P. A., & Hervás-Martínez, C. (2021). *ReLU-Based Activations: Analysis and Experimental Study for Deep Learning* (hlm. 33–43). https://doi.org/10.1007/978-3-030-85713-4_4
- Vy, V. (2021). Intellectual Systems and Information Technologies. *Intellectual Systems and Information Technologies*, January 2022. <https://doi.org/10.29013/gunchenkoy.isait.2021.184>
- Wu, X., Shi, B., Dong, Y., Huang, C., & Chawla, N. V. (2019). Neural Tensor Factorization for Temporal Interaction Learning. *Proceedings of the Twelfth ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, 537–545. <https://doi.org/10.1145/3289600.3290998>

Zhu, H., Akrouf, M., Zheng, B., Pelegris, A., Jayarajan, A., Phanishayee, A., Schroeder, B., & Pekhimenko, G. (2018). Benchmarking and Analyzing Deep Neural Network Training. *2018 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)*, 88–100. <https://doi.org/10.1109/IISWC.2018.8573476>