

ДАВИДЕНКО Н. В.

Луцький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9722-745X>e-mail: n.v.davydenko@lntu.edu.ua

МЕТА-МОДЕЛЬ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТОТИПУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЗА ФОРМОЮ ЗОБРАЖЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МГУА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В НОТАЦІЇ УНІФІКОВАНОЇ МОВИ МОДЕЛЮВАННЯ

В роботі запропоновано принципи об'єктно-орієнтованої формалізації процесу проектування інформаційної технології класифікації об'єктів, яка базується на виборі кращої структури моделі класифікатора з набору моделей-кандидатів, здатних до самоорганізації. Вирішальне правило класифікації будується в блоці синтезу моделей інформаційної технології класифікації. Як алгоритм синтезу моделей застосовано МГУА нейронні мережі. Вибір кращої структури моделі виконується за набором критеріїв. Побудову мета-моделі процесу проектування виконано із застосуванням уніфікованої мови моделювання. Функціональна мета-модель представлена діаграмою варіантів використання.

Ключові слова: інформаційна технологія, класифікація, мета-модель, UML-діаграми.

Nina DAVYDENKO

Lutsk National Technical University

META-MODEL OF DESIGN OF INFORMATION TECHNOLOGY PROTOTYPE OF CLASSIFICATION OF OBJECTS BY IMAGE SHAPE USING GMDH NEURAL NETWORKS IN THE NOTATION OF A UNIFIED MODELING LANGUAGE

The article is devoted to the development of intelligent monitoring systems of technological processes based on the use of machine vision systems. The principles of object-oriented formalization of the process of designing information technology of the classification of objects by the geometric shape of the image obtained from the machine vision system are proposed in the article. The proposed information technology is based on the use of machine learning technologies and provides for the selection of the best structure of the classifier model from a set of candidate models. Construction of candidate models is based on the use of the group method of data handling, based on the principles of self-organization of models. The outline of the image of the object obtained from the intelligent monitoring system is the input information. The set of input data contains a set of morphometric parameters that describe the geometric shape of the figure formed by the contour of the image of the object, as well as the label of the class to which the object belongs. The formation of the set of input data is implemented in the block «Image Processing». The decisive rule of classification is built in the block of synthesis of models of information technology of classification. GMDH neural networks were used as an algorithm for model synthesis. The choice of the best structure of the model is performed by a set of criteria. The information technology for constructing the classifier model is implemented by supplementing the block of algorithms for synthesis of MSUA models with the block «Class of models», which implements the process of selecting the class of functions for building models, and the block «Verification of models», which implements the best model structure. Construction of the meta-model of the design process was performed using a unified modeling language. The functional meta-model is represented by a use case diagram.

Keywords: information technology, classification, meta-model, UML-diagrams.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасні тенденції розвитку виробництва, спрямовані на автоматизацію та роботизацію технологічних процесів, а також цифровізація виробництва в рамках концепції індустрії 4.0 та впровадження технологій інтелектуального управління виробничими процесами зумовлюють необхідність автоматичної обробки та аналізу великих масивів даних, отриманих від систем моніторингу. Складовою сучасних систем інтелектуального моніторингу технологічних процесів є системи технічного зору, які забезпечують виявлення і аналіз об'єктів за їхніми зображеннями, що є основою автоматичного управління технологічними операціями. Розвиток інформаційних технологій (ІТ) розпізнавання та класифікації об'єктів за формою їх зображення, заснованих на технологіях машинного навчання, є актуальним завданням для реалізації концепції розумного управління.

Аналіз досліджень та публікацій

Розпізнавання образів (об'єктів, сигналів) – задача ідентифікації об'єкта за зображенням чи набором характеристик [1]. Класифікація об'єктів базується на методиці віднесення елемента до певного образу у просторі метрик, яка передбачає побудову певного правила – класифікатора. Від вибору представлення образів і реалізації метрики залежить ефективність процесу класифікації [1]. Існують різні евристичні, лінгвістичні та математичні методи розпізнавання зображень, ідентифікації та класифікації об'єктів [2, 3]: потенційні функції, байєсівські мережі, марківські мережі, штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми, дерева рішень тощо. Сучасні технології машинного зору реалізовані на основі технологій штучного інтелекту та методах машинного навчання (МН) [4], яке передбачає використання наявних даних для налаштування параметрів алгоритму для підгонки алгоритму під специфіку розв'язуваного завдання.

Алгоритми МН використовуються для класифікації (навчання з учителем), кластеризації (навчання без учителя), навчання з підкріпленням тощо. Працездатність алгоритмів МН залежить від параметрів алгоритму та обраної структури моделі. Завдання вибору структури моделі та оптимального набору її параметрів, методу побудови моделі та його налаштування є важливим етапом побудови ефективної системи МН. Отже, обробка та перетворення інформації алгоритмами синтезу моделей класифікатора зображень є важливою складовою для успішної реалізації завдань класифікації об'єктів за їх зображенням, отриманих від системи машинного зору в рамках інтелектуального моніторингу [5].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є формування принципів проектування інформаційної технології класифікації об'єктів за геометричною формою їх зображення, що базується на застосуванні алгоритмів самоорганізації моделей складних систем та забезпечує побудову оптимальної моделі класифікатора

Виклад основного матеріалу

Завдання класифікації належить до класу завдань навчання з учителем. Екземпляр класифікації представляється у вигляді матриці «об'єкти-ознаки», кожен рядок, якої містить вектор ознак, що характеризує властивості об'єкту, та мітку класу, до якого він належить. Задача класифікації вирішується на основі множини числових характеристик векторів ознак, що утворює множину вхідних даних (МВД) [5]. Дані з відомими класами подаються на вхід алгоритму синтезу моделей (АСМ), який повинен розпізнати приховану залежність між ознаками та міткою класу. Результатом розв'язку задачі є правило класифікації. В класі евристичних мета-моделей широке застосування мають штучні нейронні мережі (НМ), моделі з використанням методу групового урахування аргументів (МГУА) та машин опорних векторів [6]. У випадках, коли відсутня або майже відсутня апріорна інформація про структуру моделі і розподіл її параметрів, доцільним є застосування методів побудови моделей здатних до самоорганізації [6], до яких належить МГУА. Створення МГУА-мета-моделей засноване на сортуванні поступово ускладнених варіантів моделей з вибором їх оптимальної структури [7].

Блок синтезу моделей (БСМ) МГУА містить базові алгоритми МГУА [8], алгоритми МГУА-подібних НМ, гібридні алгоритми тощо. БСМ МГУА забезпечує структурно-параметричний вибір моделі класифікатора за результатами послідовного випробування кожного з АСМ на основі оцінки якості отриманої моделі-класифікатора за критерієм регулярності на екзаменаційній вибірці з урахуванням властивостей МВД [5]. Як АСМ класифікатора застосовуються алгоритм МГУА НМ, основою яких є ітераційні алгоритми МГУА. МГУАНМ належать до групи поліноміальних НМ з попарним комбінуванням виходів попереднього ряду або шару [9], причому число «прихованих шарів» може бути довільним. Для перевірки моделі застосовуються різні стратегії перехресної перевірки. Для оцінки якості класифікації використовуються метрики [8]: точність, повнота, метрика Ван Різбергена (F-міра). Точність і повнота не залежать від співвідношення розмірів класів і коректно відображають якість роботи АСМ. Слід зазначити, що вибір оптимальної структури виконується в заданому класі функцій. Дослідник повинен задати клас функцій, в якому слід шукати оптимальну структуру моделі-класифікатора, а також вибрати АСМ та стратегії її перевірки.

Реалізація ІТ класифікації об'єктів за формою їх зображення вимагає вирішення декількох задач: 1) опис геометричної форми зображення об'єкту; 2) навчання системи; 3) синтез моделей-кандидатів класифікатора; 4) формування бази модельних знань, що містить множину моделей-кандидатів класифікаторів; 5) вибір кращої структури моделі класифікатора; 6) ідентифікація належності зображення об'єкта до одного з типових класів.

Сучасні CASE-технології розробки програмного забезпечення є основою конструювання ефективних ІТ для задач інтелектуального моніторингу. Розробка будь-якого процесу – це послідовне прийняття рішень на основі певних послідовно виконуваних етапів [10], що утворюють основу мета-моделі предметної галузі. Мета-модель описує структуру та принципи побудови інших моделей, забезпечує логічний рівень домену, визначає «деталі конструктора» процесу проектування ІТ класифікації об'єктів за формою їх зображення. Складність проектування та розробки прототипу ІТ полягає в тому, що необхідно врахувати множину всіх можливих етапів та варіантів процесів при розв'язанні задачі з урахуванням різних можливих вхідних даних [10]. Важливим етапом під час проектування ІТ є формалізація вимог до програмного продукту. Проектування ІТ з урахуванням парадигми об'єктно-орієнтованого програмування виконується із застосуванням принципів уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. Стандартним засобом моделювання ІТ є уніфікована мова моделювання (Unified Modeling Language – UML), що використовує графічні позначення для створення абстрактної UML-моделі системи [11]. Моделювання UML описує структуру та поведінку системи за допомогою графічних зв'язків. Отже, мета-модель складається з сутностей і атрибутів модельованої системи. Перед початком створення нової ІТ необхідно створити модель вимог клієнта до застосування ІТ, яка повинна представляти послуги, які пропонує ІТ та інші сутності, з якими вона взаємодіє. Для цього застосовується діаграма варіантів використання (прецедентів), яка описує вимоги набором сценаріїв, тобто «специфікації набору дій, виконуваних системою, що дає спостережуваний результат, який є цінним для одного або кількох акторів або інших зацікавлених сторін» [11]. Варіанти використання – це засіб для визначення необхідних видів використання системи. Діаграма варіантів

5. Голуб С. В. Побудова моделей-класифікаторів за результатами багатовимірної поляризаційної мікроскопії в технології судово-медичного інтелектуального моніторингу хвороб серця / С. В. Голуб, Ю. О. Ушенко, О. Я. Ванчуляк, М. В. Талах // Математичні машини і системи. – 2018. – № 3. – С. 48–59.
6. Гальченко В. Я. Методи створення метамodelей: стан питання / В. Я. Гальченко, Р. В. Трємбовецька, В. В. Тичков, А. В. Сторчак // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 4. – С. 74–88.
7. Anastasakis L. The development of self-organization techniques in modelling: A review of the Group Method of Data Handling (GMDH) / L. Anastasakis, N. Mort // The University of Sheffield, United Kingdom. – 2001. – Research Report no. 813. URL: https://gmdhsoftware.com/GMDH_%20Anastasakis_and_Mort_2001.pdf
8. GMDH Shell for Data Science uses the power of the GMDH (Group Method of Data Handling). URL: <http://www.gmdh.net/> (17.03.2022)
9. Ghanadzadeh H. Mathematical model of liquid–liquid equilibrium for a ternary system using the GMDH-type neural network and genetic algorithm / H. Ghanadzadeh, M. Ganji, S. Fallahi // Applied Mathematical Modelling. – 2012. – Vol. 36. № 9. – P. 4096–4105.
10. Піднебесна Г.А. Онтологічний підхід до побудови метамodelей предметної галузі індуктивного моделювання / Г.А. Піднебесна // УСИМ. – 2018. – № 3. – С. 18–32.
11. Betari O. Applying a Model Driven Architecture Approach: Transforming CIM to PIM Using UML / O. Betari, S. Filali, A. Azzaoui, M. A. Bounad // International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE). – 2018. – 14(09). – P. 170–181.

References

1. Krulikovskiy B. Theoretical bases of recognition of multidimensional images in Hamming space / B. Krulikovskiy, A. Sydor, O. Zastavnyi, Ye. Nykolaichuk // Scientific Bulletin of UNFU. - 2016. - № 26(3). - S. 361-367.
2. Voloshyn M. V. Development of a combined model of image recognition / M. V. Voloshyn // Technology audit and production reserves. - 2019. - Vol. 3. № 2(47). - S. 9-14.
3. Basiuk T. Analysis and classification of basic methods of pattern recognition in the projection plane / T. Basiuk, Ya. Pushko // The Bulletin of Lviv Polytechnic National University titled "Computer sciences and information technologies". - 2015. - № 826. - S. 291-298.
4. Podskrebko O. S. Machine learning technologies in industry using image recognition methods / O. S. Podskrebko, D. M. Kvashuk, A. K. Beridze-Stakhovskiy // Ekonomika ta derzhava. - 2019. - № 6. - S. 46-49.
5. Holub S. V. Construction of models-classifiers based on the results of multidimensional polarization microscopy in the technology of forensic intelligent monitoring of heart disease / S. V. Holub, Yu. O. Yshenko, O. Ya. Vanchuliak, M. V. Talakh // Mathematical Machines and Systems. – 2018. - № 3. - S. 48-59.
6. Halchenko V. Ya. Methods of creating metamodels: the state of the question / V. Ya. Halchenko, R. V. Trembovetska, V. V. Tychkov, A. V. Storchak // Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute. - 2020. - № 4. - S. 74-88.
7. Anastasakis L. The development of self-organization techniques in modelling: A review of the Group Method of Data Handling (GMDH) / L. Anastasakis, N. Mort // The University of Sheffield, United Kingdom. - 2001. - Research Report no. 813. URL: https://gmdhsoftware.com/GMDH_%20Anastasakis_and_Mort_2001.pdf
8. GMDH Shell for Data Science uses the power of the GMDH (Group Method of Data Handling). URL: <http://www.gmdh.net/> (Accessed on: 17.03.2022)
9. Ghanadzadeh H. Mathematical model of liquid–liquid equilibrium for a ternary system using the GMDH-type neural network and genetic algorithm / H. Ghanadzadeh, M. Ganji, S. Fallahi // Applied Mathematical Modelling. - 2012. - Vol. 36. № 9. - P. 4096-4105.
10. Pidnebesna H. A. Ontological approach to the construction of metamodels of the subject area of inductive modeling / H. A. Pidnebesna // Control Systems and Computers. - 2018. - № 3. - S. 18-32.
11. Betari O. Applying a Model Driven Architecture Approach: Transforming CIM to PIM Using UML / O. Betari, S. Filali, A. Azzaoui, M. A. Bounad // International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE). - 2018. - 14(09). - P. 170-181.

Рецензія/Peer review : 11.06.2022 р.

Надрукована/Printed :02.08.2022 р.