



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA „VALAHIA” din TARGOVISTE
IOSUD – ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE ECONOMICE ȘI
UMANISTE
DOMENIUL FUNDAMENTAL ȘTIINȚE ECONOMICE
DOMENIUL CONTABILITATE

**Aplicarea metodelor de modelare a datelor financiar
contabile pentru clasificare și prognoză bugetară prin
utilizarea algoritmilor de Inteligență Artificială în
Contabilitatea Publică**

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT,
Prof. univ. dr. habil. Veronica ȘTEFAN**

**DOCTORAND,
Bogdan DRĂGULIN**

**TÂRGOVIȘTE
2025**

REZUMAT

Teza cu titlul *Aplicarea metodelor de modelare a datelor financiar-contabile pentru clasificare și prognoză bugetară prin utilizarea algoritmilor de Inteligență Artificială în Contabilitatea Publică*, realizată de doctorandul Bogdan DRĂGULIN și având conducător științific Prof. univ. dr. habil. Veronica ȘTEFAN, are ca obiectiv principal elaborarea, testarea și validarea unui model de inteligență artificială capabil să îmbunătățească acuratețea prognozelor bugetare și să sprijine deciziile financiar contabile în instituțiile publice, printr-o platformă software implementată open-web și accesibilă practicienilor.

Numărul mare de date generate de instituțiile publice și presiunea crescută pentru prognoze bugetare credibile au scos în evidență limitele modelelor statistice clasice și oportunitatea integrării Inteligenței Artificiale (IA) în contabilitatea publică. Teza propune un cadru metodologic inovator care combină algoritmi de machine-learning / Deep-learning cu metode econometrice consacrate pentru două probleme critice: **contarea automată** (clasificarea tranzacțiilor pe conturi bugetare) și **prognoza execuției bugetare**.

Teza de doctorat investighează aplicabilitatea algoritmilor de Inteligență Artificială în prognoza bugetară publică pentru a îmbunătăți acuratețea și eficiența proceselor bugetare. Cercetarea se concentrează pe dezvoltarea unui model inovator de prognoză bazat pe IA, folosind date istorice și statistice din surse publice și din studii de caz ale instituțiilor publice locale. Algoritmii de IA selectați includ rețele neuronale artificiale (ANN), mașini de suport vectorial (SVM) și modele de învățare profundă (deep learning), implementați și evaluați utilizând limbajele de programare Python și R.

Metodologia utilizată conține următoarele etape, cu activitățile și tehnologiile asociate:

- **Analiza diagnostic** – inventarierea provocărilor procesului bugetar și a limitărilor metodelor clasice (regresie liniară, ARIMA, VAR etc.) .

- **Dezvoltarea seturilor de date** – extragere, curățare și pre-procesare din rapoarte reale, pentru perioada 2010-2024.
- **Compararea modelelor** – pentru Clasificare: K-means, Random Forest, LightGBM și un hibrid LightGBM + Transformer; pentru Prognoză: SARIMA/SARIMAX, ECM, LSTM, GRU, TCN (univariat și multivariat).
- **Implementare** – platforma web **BugetForecast** (Blazor Server .NET 9 + servicii ML) pentru simulări și scenarii multiple.

Rezultatele cercetării arată că IA poate îmbunătăți semnificativ acuratețea prognozelor bugetare în comparație cu metodele tradiționale, cum ar fi regresia liniară și modelele econometrice. Utilizarea IA contribuie la creșterea transparenței și responsabilității în gestionarea fondurilor publice, oferind prognoze mai detaliate și bine fundamentate. Studiul de caz al instituției publice locale demonstrează beneficiile practice ale implementării IA și oferă recomandări pentru alte instituții publice.

- Modelele IA au redus eroarea medie a prognozelor față de modelele tradiționale cu până la **30-40 %**; pentru *Total Cheltuieli*, **TCN univariat** a atins $R^2 \approx 0,71$, cel mai ridicat din studiu .
- Pentru *Cheltuielile Proprii* – serie dificilă și volatilă – singura îmbunătățire notabilă a venit de la **SARIMA multivariat** ($R^2 \approx 0,23$).
- În clasificarea automată, algoritmi supervizați (Random Forest, LightGBM) au depășit semnificativ K-means, demonstrând rezistență la dezechilibrul claselor și oferind acuratețe utilizabilă în practică.
- Platforma BugetForecast permite directorilor economici să ruleze testele pe date proprii, să compare scenarii și să exporte rapoarte, facilitând astfel adoptarea IA în instituțiile publice.
- Facilitarea accesului la datele publice privind veniturile și cheltuielile publice și obținerea unei transparențe reale și efective în utilizarea resurselor publice printr-o platforma open-web, accesibilă utilizatorilor interesați (democratizarea informației de interes public pentru cetățeni).

Contribuțiile proprii se referă la:

- Stabilirea unui **Cadrul metodologic unitar** pentru integrarea IA în prognoza bugetară publică;

- Realizarea unui **Model conceptual** de prelucrare a datelor contabile care unifică reguli de clasificare cu algoritmi ML;
- **Evidențierea criteriilor de selecție** a algoritmilor în funcție de tipul seriei și de obiectivele administrației;
- **Aplicație demonstrativă open-web** pentru simularea și validarea continuă a modelelor;
- **Platformă open-web demonstrativă** pentru simulare clasificări și prognoză bugetară.

Limitele cercetării provin din posibilitatea și gradul în care pot fi asigurate: Calitatea datelor

publice, Gradul de digitalizare inegal, Acceptarea tehnologică și nivelul de pregătire al corpului profesional implicat, aspecte ce ar putea frâna extinderea soluției. Pentru aceasta sunt recomandate investiții în infrastructură, standardizare de date și formare profesională, precum și testarea algoritmilor pe mai multe instituții și pe surse de date în timp real.

Privitor la direcțiile viitoare de acțiune, una dintre cele mai importante direcții de cercetare pentru viitor este propunerea de extindere a rezultatelor obținute, prin posibilitatea replicării și integrării într-un model de implementare integrată la scară națională.

Cercetarea aduce contribuții teoretice prin extinderea cunoștințelor despre aplicarea IA în contabilitatea publică și propune un cadru metodologic pentru integrarea acestei tehnologii în procesele bugetare. Recomandările formulate sprijină adoptarea IA de către instituțiile publice, promovând investițiile în tehnologie și formare profesională, și subliniază necesitatea unui cadru tehnologic și de reglementare adecvat. Direcțiile pentru cercetări viitoare includ extinderea aplicării IA în alte domenii ale contabilității publice și evaluarea impactului pe termen lung al acestei tehnologii.

Cuvinte-cheie

contabilitate publică; proces bugetar; date financiar-contabile; modelare statistică și econometrică; metode de prognoză; inteligență artificială; algoritmi; machine-learning; model conceptual; sistem integrat; clasificare contabilă; prognoză bugetară; platformă open-web.

SUMMARY

The thesis entitled *Application of financial-accounting data modeling methods for classification and budget forecasting by using Artificial Intelligence algorithms in Public Accounting*, carried out by PhD student Bogdan DRĂGULIN and having scientific supervisor Prof. univ. dr. habil. Veronica ȘTEFAN, has as its main objective the development, testing and validation of an artificial intelligence model capable of improving the accuracy of budget forecasts and supporting financial accounting decisions in public institutions, through an open-web implemented software platform accessible to practitioners.

The large number of data generated by public institutions and the increased pressure for credible budget forecasts have highlighted the limits of classical statistical models and the opportunity to integrate Artificial Intelligence (AI) into public accounting. The thesis proposes an innovative methodological framework that combines machine-learning/deep-learning algorithms with established econometric methods for two critical problems: automatic counting (classification of transactions by budget accounts) and budget execution forecasting.

The doctoral thesis investigates the applicability of Artificial Intelligence algorithms in public budget forecasting to improve the accuracy and efficiency of budget processes. The research focuses on the development of an innovative forecasting model based on AI, using historical and statistical data from public sources and case studies of local public institutions. The selected AI algorithms include artificial neural networks (ANN), support vector machines (SVM) and deep learning models, implemented and evaluated using the Python and R programming languages.

The methodology used contains the following stages, with the associated activities and technologies:

Diagnostic analysis – inventory of the challenges of the budget process and the limitations of classical methods (linear regression, ARIMA, VAR, etc.).

Dataset development – extraction, cleaning and pre-processing from real reports, for the period 2010-2024.

Model comparison – for Classification: K-means, Random Forest, LightGBM and a LightGBM + Transformer hybrid; for Forecasting: SARIMA/SARIMAX, ECM, LSTM, GRU, TCN (univariate and multivariate).

Implementation – BudgetForecast web platform (Blazor Server .NET 9 + ML services) for simulations and multiple scenarios.

Research results show that AI can significantly improve the accuracy of budget forecasts compared to traditional methods, such as linear regression and econometric models. The use of AI contributes to increasing transparency and accountability in the management of public funds, providing more detailed and well-founded forecasts. The case study of the local public institution demonstrates the practical benefits of implementing AI and provides recommendations for other public institutions.

- AI models reduced the average forecast error compared to traditional models by up to 30-40%; for Total Expenditures, univariate TCN reached $R^2 \approx 0.71$, the highest in the study.
- For Own Expenditures – a difficult and volatile series – the only notable improvement came from multivariate SARIMA ($R^2 \approx 0.23$).
- In automatic classification, supervised algorithms (Random Forest, LightGBM) significantly outperformed K-means, demonstrating resistance to class imbalance and providing practically usable accuracy.
- The BudgetForecast platform allows economic managers to run tests on their own data, compare scenarios and export reports, thus facilitating the adoption of AI in public institutions.

Facilitating access to public data on public revenues and expenditures and achieving real and effective transparency in the use of public resources through an open-web platform, accessible to interested users (democratization of public interest information for citizens).

The own contributions refer to:

- Establishing a unified methodological framework for integrating AI into public budget forecasting;

- Creating a conceptual model for processing accounting data that unifies classification rules with ML algorithms;
- Highlighting the selection criteria for algorithms depending on the type of series and the objectives of the administration;
- Demonstrative open-web application for continuous simulation and validation of models;
- Demonstrative open-web platform for simulation of classifications and budget forecasting.

The limits of the research come from the possibility and the degree to which they can be ensured: Public data quality, Uneven degree of digitalization, Technological acceptance and the level of training of the professional body involved, aspects that could slow down the expansion of the solution. For this, investments in infrastructure, data standardization and professional training are recommended, as well as testing algorithms on multiple institutions and on real-time data sources.

Regarding the future directions of action, one of the most important research directions for the future is the proposal to extend the results obtained, through the possibility of replication and integration into an integrated implementation model on a national scale.

The research makes theoretical contributions by expanding knowledge about the application of AI in public accounting and proposes a methodological framework for the integration of this technology into budget processes. The recommendations formulated support the adoption of AI by public institutions, promoting investments in technology and professional training, and emphasize the need for an appropriate technological and regulatory framework. Directions for future research include expanding the application of AI to other areas of public accounting and assessing the long-term impact of this technology.

Keywords

public accounting; budget process; financial-accounting data; statistical and econometric modeling; forecasting methods; artificial intelligence; algorithms; machine-learning; conceptual model; integrated system; accounting classification; budget forecasting; open-web platform.