



ФАЗИФИКАЦИЈА ABC/XYZ АНАЛИЗЕ ЗА КАТЕГОРИЗАЦИЈУ ЗАЛИХА

FUZZIFICATION OF ABC/XYZ ANALYSIS FOR INVENTORY CATEGORISATION

ЗОРАН РАКИЋЕВИЋ¹, ОГЊЕН АНЂЕЛИЋ², АЛЕКСАНДАР РАКИЋЕВИЋ³, НЕМАЊА МИЛЕНКОВИЋ⁴

¹ Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, zoran.rakicevic@fon.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-8114-7762

² Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, ognjen.andjelic@fon.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0001-6390-6545

³ Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, aleksandar.rakicevic@fon.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-8917-7229

⁴ Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, milenkovic.nemanja@fon.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0001-5996-3141

Резиме: У раду је приказана могућност унапређења ABC/XYZ анализе применом фази логике. ABC/XYZ анализа користи се у категоризацији залиха у процесу њиховог планирања. Планирања залиха има једну од кључних улога у управљању ланцем снабдевања и укупним пословањем предузећа. Важна активност је одређивање адекватног нивоа залиха које ће истовремено задовољити потребе за тражњом и минимизовати трошкове чувања залиха, али и ризик од појаве недостатка. ABC анализа заснована је на уделу ставки залиха у вредности потрошње, док је XYZ анализа заснована на варијабилности тражње. На примеру 10 ставки залиха са задатим уделима у вредности и коефицијентима варијације тражње, приказана је фазификована ABC/XYZ анализа, која омогућава да једна ставка може припадати већем броју категорија са одређеним степенима припадности. Ово је постигнуто употребом фази скупова за опис димензија ABC/XYZ матрице, као и логичким правилима којима се дефинише веза између улаза и резултујућих категорија. Фази ABC/XYZ категоризација омогућава боље разумевање карактеристика ставки залиха и креирање микса стратегија за њихово управљање.

Кључне речи: Планирање залиха, ABC/XYZ анализа, категоризација залиха, фази логика.

Abstract: This paper presents a potential improvement of ABC/XYZ analysis based on the application of fuzzy logic. ABC/XYZ analysis is used for inventory categorization in the inventory planning process. The inventory planning plays a crucial role in supply chain management and the overall operations of a company. An important activity of inventory planning is to determine the appropriate level of inventory that will both meet demand needs and minimize holding costs, as well as the risk of shortages. The ABC analysis is based on the share of inventory items in consumption value, while XYZ analysis is based on demand variability. Using the example of 10 inventory items with specified value shares and variation coefficients, a fuzzy ABC/XYZ analysis is proposed to enable each item to belong to multiple categories with different degrees of membership. This is achieved by using fuzzy sets to describe ABC/XYZ matrix dimensions and logical rules to define the relationship between the inputs and the resulting categories. Fuzzy ABC/XYZ categorization enables a better understanding of inventory item characteristics and the creation of a mix of management strategies.

Keywords: Inventory planning, ABC/XYZ analysis, inventory categorization, fuzzy logic.

1. УВОД

Залихе су од суштинског значаја за обезбеђивање континуитета производње у производним компанијама, чиме се достиже адекватно задовољавање потреба купаца [7]. Процес управљања залихама има директан утицај на целокупан процес производње, од набавке, логистике и све до продаје [6, 8]. Ефективно управљање залихама је пресудно за повећање конкурентности и

перформанси производних организација [3, 4], због чега компаније константно теже да усаврше стратегије управљања залихама. Методе и технике које се често користе приликом одређивања стратегије управљања залихама су технике класификације [18]. Постоје различите технике класификације залиха, као што су *ABC*, *XYZ*, *FNS* или *VED* анализа [17]. Главни циљ овог рада јесте унапређење *ABC/XYZ* анализе, кроз примену фази логике.

У наставку, дат је кратак преглед основних појмова и литературе у области управљања залиха и *ABC/XYZ* анализе. Треће поглавље рада описује методологију која је коришћена за фазификацију *ABC/XYZ* метода. У четвртном поглављу дат је опис коришћених података, резултати експеримента и дискусија. Пето поглавље даје закључна разматрања.

2. УПРАВЉАЊЕ ЗАЛИХАМА И *ABC/XYZ* АНАЛИЗА

Управљање залихама укључује одржавање оптималних количина сировина, материјала, полупроизвода и готових производа како би се осигурао континуитет производње и минимизирали трошкови [9, 11]. Одлука о нивоу залиха значајно утиче на ликвидност предузећа, јер вишак залиха представља „заробљени“ капитал, и заузимање простора и ресурса предузећа [2]. Са друге стране недовољне залихе доводе до несташица и пропуштене продаје [11]. Такође, познато је да различите позиције залиха захтевају различити ниво посвећености менаџера. Како би учинили управљање залихама ефикасним, менаџери морају одредити значајност и трошкове позиција на залихама, као и периоду њиховог праћења. Један од начина одређивања значајности позиција на залихама јесте сегментација у три категорије, *A*, *B*, *C*, позната као *ABC* анализа [13]. *ABC* анализа је често коришћена техника у производним индустријама за контролу и класификацију позиција на залихама на основу њене вредности [6], тј. на основу производа јединичне цене и годишње тражње. У категорију *A* спадају позиције са високим уделом у укупној вредности, у категорију *B* оне са средњим уделом у вредности, док су у категорији *C* позиције са ниским уделом у вредности [8]. У теорији, најмањи број позиција (око 20%) заправо је носилац највећег удела у вредности (80%), што је заправо познато као Парето принцип [3]. У раду [1], *ABC* анализа коришћена је како би се извршила класификација 130 различитих позиција у циљу побољшања процеса управљања залихама, док се у раду [16] *ABC* анализа користи за идентификацију најзначајнијих позиција које ће даље бити анализиране.

Табела 1: Различити предлози граничних вредности приликом спровођења *ABC* анализе

Извор	Класа А		Класа В		Класа С	
	Број позиција	Удео у вредности	Број позиција	Удео у вредности	Број позиција	Удео у вредности
[1]		70%		20%		10%
[2]	15-20%	75-80%	20-25%	10-15%	60-65%	5-10%
[3]	10-20%	70-80 %	15-25%	30%	50%	5%
[11]		70%		25%		5%
[13] [15]	20%	80%	30%	15%	50%	5%
[18]	20%	65%	30%	25%	50%	10%

Док се сви аутори слажу око генералне идеје класификације позиција у три групе на основу удела позиција у вредности, оно што није прецизно јесте које су тачно границе за класификацију (Табела 1). Овим се истиче и једна од главних критика *ABC* анализе, да је одређивање граница за класификацију произвољно и насумично те је и сама класификација позиција у 3 категорије доста груба [9]. Друга од критика *ABC* анализе јесте коришћење једног критеријума за класификацију. Различити одељења имају различите интересе, па тако, многи финансијски и нефинансијски критеријуми могу бити од значаја [5], као што су временски рок набавке, застарелост, доступност, варијабилност тражње и могућност предвиђања, постојање супститута и критичност [18]. Стога, истраживања у последњим деценијама заговарају

приступ са више критеријума за *ABC* анализу [12], како би она била применљивија и одражавала комплексности данашњих глобалних ланаца снабдевања [12]. У прилог томе, према [5], препоручује се коришћење најмање два критеријума за успостављање категорија.

Начин за превазилажење критика једнокритеријумског приступа класификације залиха јесте комбиновање *ABC* и *XYZ* анализе. *XYZ* анализа класификује позиције у зависности од варијабилности тражње и могућности и тачности предвиђања тражње за одређеном позицијом [9]. Према томе групу *X* карактеришу мале флукуације у тражњи за позицијом и релативно стабилна тражња, што даље резултује високом тачношћу предвиђања тражње; групу *Y* карактеришу умерене флукуације у тражњи и умерена тачност предвиђања; групу *Z* карактеришу значајне флукуације у тражњи и ниска тачност предвиђања [7, 10, 19]. Ова класификација врши се на основу коефицијента варијације који се рачуна као однос између стандардне девијације и средње вредности тражње ставке на залихама и добијен је преко историје података о тражњи у различитим временским периодима у једној години. Овде такође постоје изазови у погледу дефинисања границе за класификацију. Аутори [7, 19], наводе вредности од 15, 25 и преко 25% док други аутори [14, 15], наводе граничне вредности од 50, 100% и више, због чега је тешко причати о стандардној имплементацији ове класификације [16]. Спој наведених класификација залиха *ABC/XYZ*, резултира интегрисаним моделом у девет различитих група као мултикритеријумски приступ [7, 14], што је приказано табелом 2.

Табела 2: Стратегије у управљању залихама

Класификација	X (стабилна тражња)	Y (средње варијабилна тражња)	Z (јако варијабилна тражња)
A (висок удео у вредности)	Висока вредност залиха и стабилна тражња подстиче употребу модела економичног поручивања	Потребно је више напора у планирању залиха како би се оптимизовали трошкови наручивања	Планирање је сложено и постоји ризик великог трошка и недостатка залиха
B (средњи удео у вредности)	Детерминистички периоди наручивања и минимизација стања на залихама	Напор у успешном планирању се надомешћује са особиним да залихе имају средње или нижи удео у вредности	Утицај на пословање предузећа, минимизација ризика недостатка залиха
C (низак удео у вредности)	Наручивање позиција у складу са потребама које је лако унапред одредити	Незнатан утицај на пословање предузећа, минимална посвећеност планирању ових позиција	Незнатан утицај на пословање предузећа, мала посвећеност планирању, минимизација ризика недостатка залиха

ABC/XYZ анализа је због своје једноставности и приступачности, веома популарна за категоризацију залиха, оптимизацију асортимана, ефективно планирање залиха у задовољавање тражње [20]. У раду [16], примена комбиноване *ABC/XYZ* анализе на реалном примеру омогућила је смањење трошкова залиха за 20% уз оптимизацију искоришћености складишног простора, док је у [15] ова анализа искоришћена за креирање адекватне политике управљања залихама у медицинској индустрији.

Применом *ABC/XYZ* анализе, дошло се до различитих предлога за њено унапређење. На пример, у [19] узимају се у обзир дефицити у тражњи коришћењем Каплан-Мајерове процене како би се проценио обрт и ниво залиха. У [20] је предложена примена Грабсовог теста како би се уклонили *outlier*-и, чиме је повећана тачност и поузданост класификације.

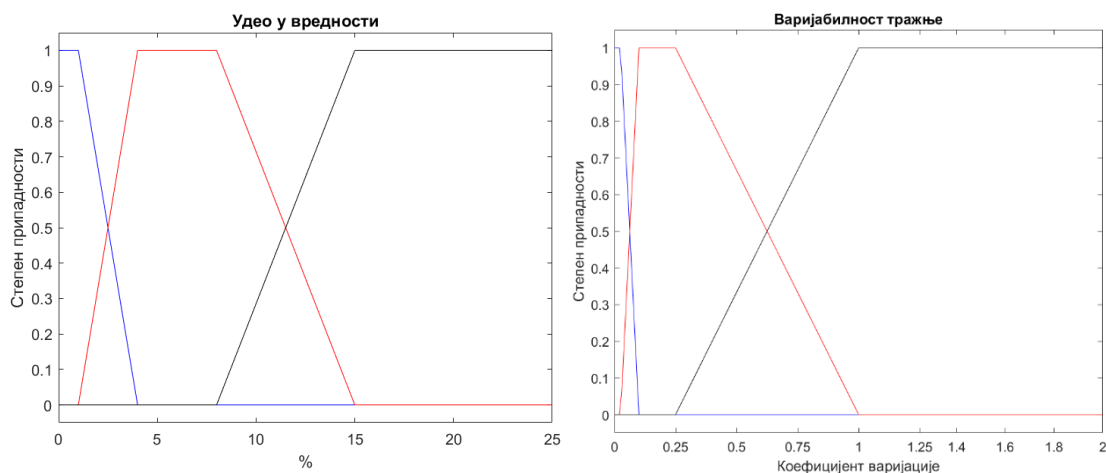
3. МЕТОДОЛОГИЈА

У овом раду предложена је фазификација *ABC/XYZ* анализе са идејом да се унапреди резултујућа категоризација залиха, увођењем степена припадности сваке ставке залиха *ABC/XYZ* категоријама. Степен припадности категорији се израчунава помоћу логичких правила која су дефинисана на основу стандардне *ABC/XYZ* матрице. Поред тога, *ABC/XYZ* категорије су описане фази скуповима. У студији представљеном у раду, *ABC/XYZ* матрица има две димензије које се фазификују, удео у вредности и варијабилност тражње. На Сликама

1a и 1б приказани су фази скупови којима су описане наведене променљиве. Коришћени су трапезоидни фази скупови. Параметри скупова су дефинисани на основу коришћених података и практичног искуства аутора.

Поред приказаних фази скупова, дефинисана су следећа логичка „ако-онда“ правила закључивања (енгл. *if-then rules*):

1. **ако је** удео у вредности висок **и** коефицијент варијације низак **онда је** категорија *AX*,
2. **ако је** удео у вредности висок **и** коефицијент варијације средњи **онда је** категорија *AY*,
3. **ако је** удео у вредности висок **и** коефицијент варијације висок **онда је** категорија *AZ*,
4. **ако је** удео у вредности средњи **и** коефицијент варијације низак **онда је** категорија *BX*,
5. **ако је** удео у вредности средњи **и** коефицијент варијације средњи **онда је** категорија *BY*,
6. **ако је** удео у вредности средњи **и** коефицијент варијације висок **онда је** категорија *BZ*,
7. **ако је** удео у вредности низак **и** коефицијент варијације низак **онда је** категорија *CX*,
8. **ако је** удео у вредности низак **и** коефицијент варијације средњи **онда је** категорија *CY*,
9. **ако је** удео у вредности низак **и** коефицијент варијације висок **онда је** категорија *CZ*.



Слика 1: (а) Фазификација удела у вредности, (б) Фазификација варијабилности тражње

Свака улазна вредност се прво фазификује, а потом се добијене фази вредности користе за израчунавање логичких „ако-онда“ правила. Да би се могло извршити рачунање правила, било је потребно изабрати функцију *T*-норме која рачуна логичку конјункцију (логичко И). Као функција *T*-норме изабран је производ. Коначно, вредност добијена израчунавањем сваког од правила представља степен припадности ставке залиха одговарајућој *ABC/XYZ* категорији.

4. РЕЗУЛТАТИ

Класична и фазификована *ABC/XYZ* анализа примењене су на примеру са 10 ставки на залихама користећи податке о процентуалном уделу у укупној вредности посматраних залиха и коефицијенту варијације. У наставку су приказани резултати.

Табела 3: Резултати *ABC/XYZ* анализе

Ставка залиха	Удео у вредности	Коефицијент варијације	<i>ABC/XYZ</i> категорија	Фази <i>ABC/XYZ</i> категорија
1	2.93%	0.015	CX	BX=0.6433, CX=0.3567
2	5.61%	0.913	BZ	BZ=0.8840, BY=0.1160
3	0.96%	0.121	CY	CY=1
4	0.69%	0.940	CZ	CZ=0.92, CY=0.08
5	4.12%	0.010	BX	BX=1
6	36.62%	0.012	AX	AX=1
7	3.23%	0.125	BY	BY=0.7433, CY=0.2567
8	1.03%	0.129	CY	CY=0.99, BY=0.01
9	1.55%	0.011	CX	CX=0.8167, BX=0.1833
10	43.26%	0.029	AX	AX=0.9467, AY=0.0533

4.1. Класична *ABC/XYZ* анализа

На основу критеријума удела у вредности и коефицијента варијације (*CV*) класична *ABC/XYZ* анализа додељује припадност једној од девет категорија. Критеријуми разврставања за удео у вредности су: *A* категорија чине ставке до 80% вредности, *B* категорију чине ставке до 15% вредности и *C* категорију до 5%. Критеријуми за разврставање према коефицијенту варијације су: *X* категорију чине вредности $CV < 0,05$, *Y* категорију чине вредности $CV < 0,5$, док категорију *Z* чине вредности са коефицијентом варијације $CV > 0,5$. Један од основних проблема класичног приступа категорисања је сврставање ставке залиха у једну групу када су вредности критеријума близу граничних вредности. Ставками које су стриктно додељене једној категорији, прописује се једна стратегија управљања залихама која не мора довести до најбољих ефеката. Због тога се намеће се потреба за адекватнијим категорисањем ставки.

4.2. Фазификована *ABC/XYZ* анализа

Резултати фази *ABC/XYZ* анализе (Табела 3), за поједине ставке показују прецизнију и подељену припадност појединим категоријама чиме постиже бољи увид у карактеристике посматраних залиха. Добијени резултати, посебно долазе до изражаја за ставке код којих се вредности критеријума налазе близу границе класификовања па се искључивом припадношћу једној категорији јавља могућности грешке у постављању адекватне стратегије управљања залихама. На примеру анализе ставке 1, која је у класичној анализи категорисана као *CX*, фази *ABC/XYZ* анализа категорисала је у *BX* и *CX* категорију са степенима припадности 0.6433 и 0.3567, респективно. У овом случају је дефинисање строге границе између категорија *B* и *C* на 3% довело до погрешног разумевања карактеристика ове ставке залиха. Такође, занимљиви резултати су добијени и за ставке 6 и 10. У класичној анализи, обе ставке припадају категорији *AX*. Имајући у виду да ставка 10 има значајније учешће у вредности, могао би се стећи утисак да она има већу важност. Ипак, фазификацијом категоризације добијамо информацију да ставка 6 у потпуности припада категорији *AX*, док ставка 10 са 0.0533 припада и категорији *AY*. Такође међу резултатима примене фази *ABC/XYZ*, 30% анализираних (ставке 3,5,6) имају исту припадност категоријама као класична анализа, 40% анализираних (ставке 2,4,8,10) има доминантну припадност једној категорији и скоро безначајну припадност другој категорији. Међутим 30% анализираних (ставке 1, 7, 9) имају подељену припадност категоријама и представљају идеалне случајеве за формирање комбиноване стратегије управљања залихама.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је представљена могућност фазификације *ABC/XYZ* анализе за потребе адекватнијег процеса планирања залихама. Фазификација је извршена увођењем фази скупова за опис категорија, као и применом логичких правила за израчунавање припадности ставки на залихама *ABC/XYZ* категоријама. Припадност појединачним категоријама је заснована на вишекритеријумском приступу који обухвата процентуални удео ставке у укупној вредности залиха као и варијабилности у тражњи за посматраном ставком. На примеру који је разматран у раду, показана је предност примене фазификоване *ABC/XYZ* анализом која прецизније дефинише припадност категоријама. Могућност да се идентификује степен припадности ставке у више категорија, омогућава комплексније приступ управљању залихама, што даље може водити ка флексибилности и дефинисању комбинованих стратегија за управљање залихама која је императив савременог пословања производних организација.

Искусствено дефинисање фази скупова омогућава велику флексибилност решења, што је једна од значајних предности фази логике у односу на класичне математичке моделе. Ипак, ово је предност само када постоји и напредно разумевање модела од стране корисника. У случају просечног корисника може се претворити у недостатак/ограничење. Имајући у виду практичну потребу да се предложеном фазификованом *ABC/XYZ* метод да широка употребна вредност, потребно је дефинисати општи приступ дефинисању фази скупова и њихових

граница – приступ који не зависи од искуства корисника модела. Дефинисање општег фази ABC/XYZ метода анализе биће предмет будућих истраживања аутора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aktunc, E. A., Basaran, M., Ari, G., Irican, M., & Gungor, S. (2019). Inventory control through ABC/XYZ analysis. In *Industrial Engineering in the Big Data Era* (pp. 175-187). Springer.
- [2] Asana, I. M., Radhitya, M. L., Widiartha, K. K., Santika, P. P., & Wiguna, I. K. (2020). Inventory control using ABC and min-max analysis on retail management information system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469 (1), p. 012097.
- [3] Atnafu, D., & Balda, A. (2018). The impact of inventory management practice on firms' competitiveness and organizational performance: Empirical evidence from micro and small enterprises in Ethiopia. *Cogent Business & Management*, 5(1), p.1503219.
- [4] Chan, S. W., Tasmin, R., Aziati, A. N., Rasi, R. Z., Ismail, F. B., & Yaw, L. P. (2017). Factors influencing the effectiveness of inventory management in manufacturing SMEs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 226 (1), p. 012024.
- [5] Muller, M. (2011). *Essentials of Inventory Management*. 2nd edition, AMACOM.
- [6] Nallusamy, S., Balaji, R., & Sundar, S. (2017). Proposed model for inventory review policy through ABC analysis in an automotive manufacturing industry. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 165-174.
- [7] Nowotyńska, I. (2013). An application of XYZ analysis in company stock management. *Modern Management Review*, 18(20 (1)), 77-86.
- [8] Oluwaseyi, J. A., Onifade, M. K., & Odeyinka, O. F. (2017). Evaluation of the role of inventory management in logistics chain of an organisation. *LOGI-Scientific Journal on Transport and Logistics*, 8(2), 1-11.
- [9] Pandya, B., & Thakkar, H. (2016). A review on inventory management control techniques: ABC-XYZ analysis. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3).
- [10] Pekarčíková, M., Trebuňa, P., & Fiľo, M. (2014). Methodology for classification of material items by analysis ABC/XYZ and the creation of the material portfolio. *Applied Mechanics and Materials*, 611, 358-365.
- [11] Priniotakis, G., & Argyropoulos, P. (2018). Inventory management concepts and techniques. In *IOP conference series: Materials Science and Engineering*, 459(1), p. 012060.
- [12] Ravinder, H., & Misra, R. B. (2014). ABC analysis for inventory management: Bridging the gap between research and classroom. *American Journal of Business Education*.
- [13] Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling*, 3, p. 30. Wiley.
- [14] Stojanović, M., & Regodić, D. (2017). The significance of the integrated multicriteria ABC/XYZ method for the inventory management process. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14(5), 29-48.
- [15] Suryaputri, Z., Gabriel, D. S., & Nurcahyo, R. (2022). Integration of ABC-XYZ Analysis in Inventory Management Optimization: A Case Study in the Health Industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 351-361
- [16] Trubchenko, T.G. et al. (2020). Application of ABC and XYZ Analysis to Inventory Optimization at a Commercial Enterprise. In *SHS Web of Conferences*, 80, p. 01007.
- [17] Vasiljević, D., Lečić-Cvetković, D., Đorđević Milutinović, L., Danilović, M., Cvetić, B., Rakićević, Z. (2024). *Osnove operacionog menadžmenta*. Fakultet organizacionih nauka.
- [18] Vollman, B., Jacobs, F.R. (2011). *Manufacturing planning and control for supply chain management*. McGraw Hill.

- [19] Zenkova, Z., Musoni, W., & Tarima, S. (2020). Accounting for deficit in ABC-XYZ analysis. In *5th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 1-6., IEEE.
- [20] Zenkova, Z., & Kabanova, T. (2018). The ABC-XYZ analysis modified for data with outliers. In *4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 1-6., IEEE.