

МОДЕЛ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ РАЗХОДИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА СИМУЛАЦИЯ МОНТЕ КАРЛО В МСП

Антон Антонов¹

¹Технически университет – Варна, Машинно-технологичен факултет,
катедра Индустриален мениджмънт, 9010, Варна, България
Email: centurybg@yahoo.com

Абстракт: В настоящата статия е представен лесно достъпен автоматизиран модел за управление на производствените разходи в МСП чрез използване на симулация Монте Карло. В миналото за подобен модел са били необходими цели отдели с хора и специализирани сървърни устройства, докато с развитието на технологиите персонален компютър и електронните бази от данни позволяват буквално на всеки предприемач да използва подобен симулационен модел. С подходящ избор на входящи данни, моделът създава прогноза, която дава възможност на мениджмънта да взема информирани решения за по ефективно използване на наличните ресурси в МСП в процеса на производство на желаните готови продукти.

Ключови думи: Малки и средни предприятия (МСП), производствени разходи, симулация Монте Карло, хеджиране

MODEL FOR OPTIMIZING PRODUCTION COSTS USING MONTE CARLO SIMULATION IN SMES

Anton Antonov¹

¹Technical University of Varna, Faculty of Manufacturing Engineering and Technologies,
Department Industrial Management, 9010, Varna, Bulgaria
E-mail: centurybg@yahoo.com

Abstract: This article presents an easily accessible automated model for optimizing production costs in SMEs using Monte Carlo simulation. In the past such a model required entire departments full of employees and specialized server hardware to collect all the necessary data. Due to the development of the new technologies, personal computers and electronic databases, literally every entrepreneur is now able to use such simulation models. The key is appropriate selection of data input that the model can use to create a forecast that enables management to make informed decisions for more efficient use of all available resources in SMEs in the process of producing the desired goods.

Keywords: Small and medium-sized enterprises (SMEs), production costs, Monte Carlo simulation, hedging

1. Въведение

Съвременните малки и средни предприятия (МСП) работят във все по-динамична и рискова среда, породена и налагана от все по-бързото технологично, логистично и информационно развитие. Извършените предварителни изследвания показват, че основна роля в тази конкурентна борба играят производствените разходи – тяхната целесъобразност и размер. Всеки бизнес от предприемачески тип се опитва да сведе до минимум неефективното използване на наличните си ресурси и същевременно да увеличи максимално рентабилността. За да се справи с това, ръководството на производственото предприятие търси възможности да оптимизира общите разходи, включени в производствения процес. Контролът на разходите трябва да бъде съобразен главно с целите, които си е поставила съответната организация.

Основна задача, която всяко производствено предприятие трябва да реши, е получаването на максимална печалба чрез ефективно управление на своите разходи като предприеме необходимите стъпки за достигане до най-ниска себестойност на продуктите. Като за начало, мениджърите най-напред класифицират и обобщават разходите в производствени групи, а именно преки суровини, директен труд и фабрични режийни разходи. Себестойността на произведените стоки е сбор от тези групи разходи направени за получаване и обработка на суровини, докато се превърнат в готови продукти. Калкулираната очаквана стойност на произведените стоки за определен период от време е полезна за ръководството в множество аспекти като: определяна на продажната цена на продуктите; сключване на дългосрочни договори за реализацията на производствените продукти, изчисляване на периодични печалби или загуби, развитие на продуктите, надграждането им и т.н.

Оптимизирайки процеса, производителите вече са започнали прехода към интелигентни фабрики и вероятно ще увеличават инвестициите в такива проекти. За съжаление на този етап това се отнася най-вече за големите предприятия със сериозни финансови и човешки ресурси и създадени множество структури за целта. Несъмнено обаче в днешно време създаването и реализацията на множество МСП от предприемачески тип предполага решаване на редица проблеми по оптимизирането на производствените разходи и при тях и това придобива все по-голяма актуалност.

2. Модел на оптимизиране на производствените разходи чрез симулация Монте Карло

Необходимо е да се търсят и прилагат нови модели и процедури, които дават

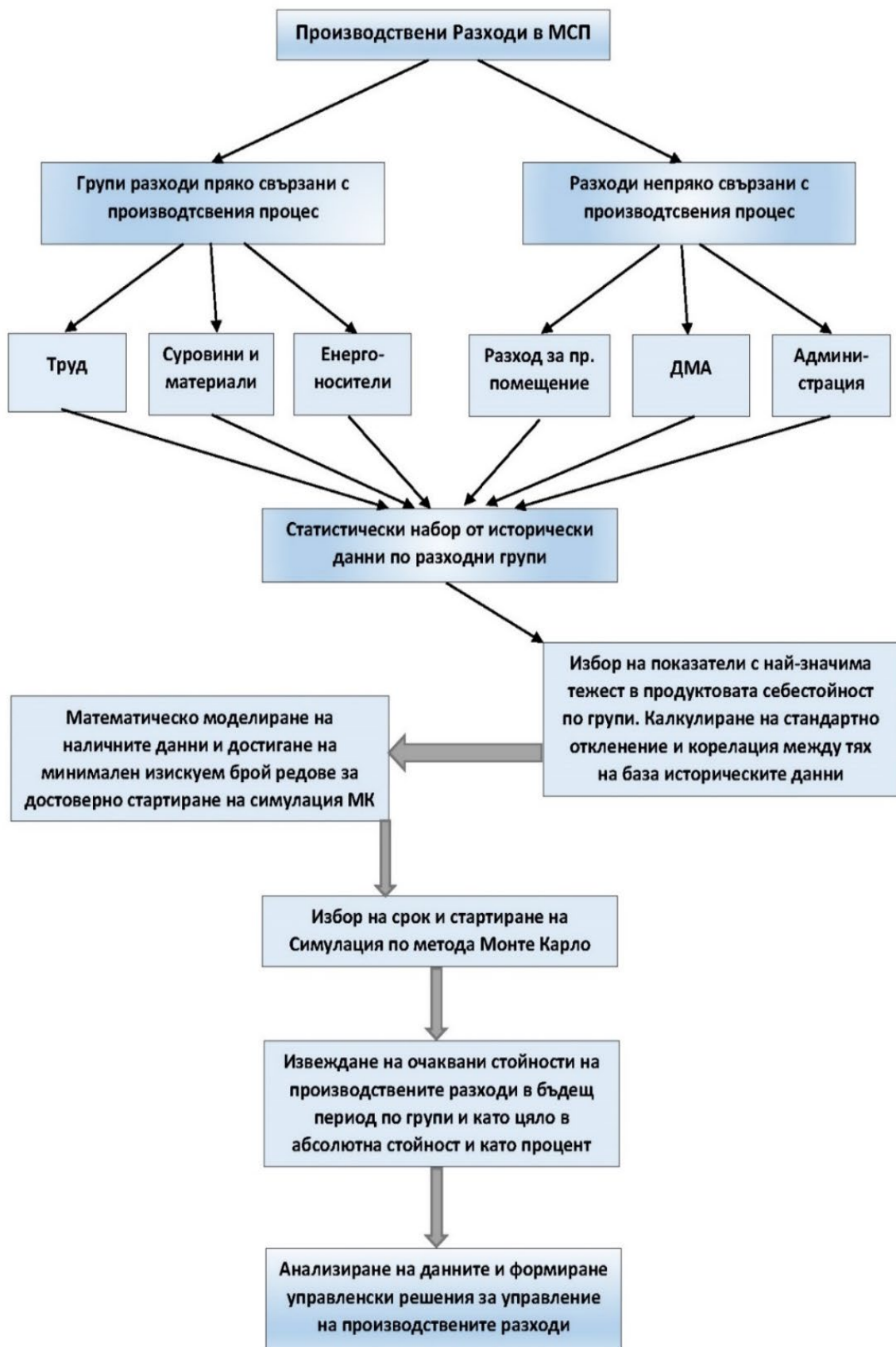
възможност намаляване на разходите на предприятията и симулиране на производствено ориентираните им данни в бъдещи периоди.

За повишаване на конкурентоспособността могат да бъдат имплементирани съвременни методи и системи за отчитане на разходите и калкулиране на себестойността, които да осигуряват необходимата информация за ръководството на предприятието.

В настоящата статия е разработен автоматизиран модел (фиг. 1), отразяващ производствените разходи в бъдещ период, който дава възможност в началния етап да бъдат взети информирани решения за справяне с ефекта от очакваната негативна промяна на различните групи производствени разходи. Резултатите от модела съставляват прогноза за очаквани разходи за различни видове използваните ресурси, техните взаимовръзки, (VAR) възможни стойности под риск и най-вероятна очаквана стойност на производствените разходи в края на плановия период чрез симулация Монте Карло. Съществено важни елементи от модела са правилния избор на метод за калкулиране на различните разходни групи, подреждането им като част от цялостния производствен процес и въвеждане на достатъчно по обем данни за изграждане на достоверна симулация. Достатъчно като количество данни за стартиране на Монте Карло симулация е предизвикателство за всяко МСП. За справяне с подобен проблем е използвана система за изкуствено генериране на достатъчно дълга база от данни (мин 1000 реда), чрез математическа модулация следвайки волатилността от наличните исторически данни и корелацията между отделните променливи. [1]

Основни стъпки на модела за управление на производствените разходи са:

- Създаване на разходна матрица по избрания модел ABC – Activity Based Costing.
- Избор на разходно-производствени групи с най-съществена тежест в цялостния микс от разходи.
- Събиране на максимален брой исторически данни за динамиката на разходите по групи по периоди назад във времето.
- Изчисляване на стандартното отклонение на отделните разходи.
- Извеждане на взаимовръзката между отделните промени в разходите в корелационна матрица.
- Изграждане чрез математическа модулация на достатъчно дълга серия от данни за достоверно провеждане на симулация Монте Карло.
- Анализирание на получените данни по групи и изчисляване на най-вероятно ниво на сумарните производствени разходи в бъдещ период. (Фиг. 1).



Фиг 1. Схема на модел за управление на производствените разходи

3. Производствено-разходна матрица по метода (ABC)

Изготвяне на производствено разходната матрица на единичен проект (поръчка) е от съществено значение за модела и за целта се налага да се следват определени стъпки. Първо трябва да се определи срока от момента на получаване на поръчката до реализация на готовата продукция, което включва и ако се налага периода на тестване, внедряване и обучение на клиентите ако говорим за производство на машини и съоръжения. Това се прави с цел да се определи времевият цикъл и калкулирането на всички дейности по създаването на определен продукт.

Ако производството не е проектно, а е непрекъснато може да се вземе стандартен период, но за да има смисъл модела и симулацията, периодът не трябва да е по-малък от 3 или 6 месеца.

По редовете на матрицата са определени производствено-разходните стъпки или процеси (Таблица 1). Започва се с постоянните разходи, които са константни за всеки отчетен период и могат да включват:

- амортизация;
- наеми;
- производствено помещение или офиси;
- разходите за труд, които не са пряко обвързани с обема на произведената продукция – обслужващ персонал, счетоводство и т.н.

Таблица 1.

Производствено-разходна матрица за избран времеви отрязък

Разходи за производства във времеви отрязък												
Начало:	1. Постоянни разходи		1. Задача 1	2.1 Задача 2	2.2 Задача 2	2.3 Задача 2	3. Задача 3					
Край:			Effort * Duration	Дейност 1	Дейност 2	Дейност 3	Дейност 1					
Период: 6 месеца или 1 година				Effort * Duration	Effort * Duration	Effort * Duration	Effort * Duration					
Мерна единица в	15 дни											
	ЛЕВА											
Базисен времеви цикъл (например 15 дни или 1 месец)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Period												
ОБЩИ РАЗХОДИ ЗА ПЕРИОДА - кумулативно	0											
Постоянни разходи за целия период (наем, амортизации, обслужващ персонал не са директно в производството) среднопретеглени на месечна база												
Стартови разходи преди началото по проекта	0											
1. Задача												
1.1 Обща сума необходими материали												
2. Задача 2												
2.1 Дейност 1												
2.2 Дейност 2												
2.3 Дейност 3												
3. Задача 3												
3.1 Дейност 1												
3.2 Дейност 2												
Разпределение на ресурсите (единична стойност)												
1. Ресурс 1												
2. Ресурс 2												
3. Ресурс 3												

В следващият ред се добавят стартовите разходи по проекта, ако се налага разходването на средства, за да може процесът да стартира.

По-надолу в разходната матрица са добавени стъпките в производствения процес, които могат да се различават както от разнообразието на продукти в рамките на едно производство, така и между отделните производствени предприятия, а дори и различните производствени подходи в рамките на един и същ продукт. Затова и за целите на изследването е прието един проект, една поръчка като отделна тестова единица. Изчисляват се различните разходни норми за всеки използван ресурс присвоен към всяка дейност от дадена задача за всеки период и всеки процес по метода използвайки времевия период ABC – Timely driven Activity Based Costing (примера в Таблица 1)

За ресурс се възприемат суровини или оборудване, които извършват производствени дейности. Ресурсите за производство са необходими на цеха по време на производството, поддръжката, проверката или ремонта на части. Обикновено те са свързани с разходи, време или технически ограничения. Ресурсите могат да бъдат физически (работни позиции, инструменти, материали за обработка) или умения.

Физически ресурси или набор от ресурси, които могат да бъдат разпределени за операция са: линии, работни единици, работни клетки, пулове на ресурси, работни станции, машини. Инструменти - приспособленията и други физически устройства, необходими в допълнение към работния център за извършване на производствен цикъл. Инструментите могат да бъдат наети или закупени. Инструментите могат да се използват по време на операции или да останат достъпни за определен брой производствени цикли.

Суровини за обработка на междинни елементи от крайния продукт, които могат да бъдат поръчани, които са съставени от даден материал и са необходими за извършване на дадена операция. Техническите материали не се появяват в спецификацията за крайната позиция. Типични примери са боя, лепило и грес.

Ресурсни групи - групите ресурси се използват за групиране на свързани производствени ресурси в йерархия на ресурсите. Ресурсните групи са присвоени на дадено предприятие. Групата производствени ресурси може да съдържа други групи ресурси за производство в своята йерархична структура.

Според плана на процеса в контекста на структура на завода се визуализира и валидира потокът от операции в рамките на една производствена стъпка и се преглеждат частите и ресурсите, които се използват в операции и последователности в контекста на производствено предприятие.

Всеки ресурс бива оценяван като разходна норма на единица. За изпълнението на определен етап от процеса е възможно комбинирането на ресурсите като времево изражение в така нареченото **Усилие (EFFORT)**.

***Усилието е равно на Количеството използван ресурс за единица време *
единичната цена на този ресурс***

Разходът за единица ресурс е средно претегленият разход за заплати, материали, машини и умения. Избира се период, времеви срез – например 1 седмица , 1 месец.

Пример за количество на ресурса * единицата необходима за целия месец от определен ресурс (пример цена на електричество в KWh по необходимо количество за месец или цена на човешки ресурс по брой часове, заложиени за производството на месец).

Усилието(Effort) = (Единица разход за ресурс * количество използван ресурс)

Например може да бъде сумата, получавана на ден по използвания брой работници...

Следователно разхода за планова дейност 1 за период 1 = Effort 1 * Продължителност (Duration) – което в зададения случай извежда разходната норма за избрания период на всяка дейност от всяка задача .

За целите на изследването в матрицата е необходимо да се изчисли плановия разход за всяка дейност за всеки период, отчитайки използването на различните ресурси, с които производственото предприятие разполага. В един и същи период е възможно да се извършват няколко дейности, като разхода за периода е кумулативна сума от всички производствени дейности за периода.

Симулацията използва входящите данни, техните зависимости и исторически промени и извежда очаквани резултати за следващия производствен цикъл, но в настоящия момент.

4. Приложение на модела

Моделът предоставя възможност на управленския екип на база на получените резултати в начален период да вземе решение как активно да се управляват

производствените разходи. На изхода на симулационния модел са извеждат количествени данни за очакваните промени на отделните групи от разходи за определена задача с присвоен определен ресурс. Чрез тези резултати е възможно в начален етап на производствения процес да се вземат решения, свързани със защита от риска(хеджиране) срещу негативните промени в цените на използваните ресурси. Допълнителна възможност за мениджмънта е, че моделът чрез симулация Монте Карло извежда най-вероятната себестойност на продукта в определения бъдещ период. Това би било полезно при сключване на дългосрочни договори за пласмент, в които условията и възможностите за актуализация се залагат в началния етап.

Като основен принос на модела е използването на симулация от по-сложен тип, която отчита корелацията между отделните групи производствени разходи, поради което предоставените данни могат да бъдат представени като обща сума или по отделно за всяка отделна променлива. Чрез тестово симулиране през този симулационен модел може лесно да се прогнозира какви резултати биха се получили в крайната себестойност на продукта при промяна само на един или на няколко производствени разходни групи. Процесът може да бъде повторен многократно до момента, в който мениджърския екип прецени и е подготвен за вземане на решения свързани с активното управление на производствените си разходи.

5. Заключение

Ключът към успешното планиране на производствените разходи, базирано на симулации на Монте Карло, се крие в това дали проектът управлява риска непрекъснато спрямо дискретен или периодичен подход. В миналото хартиеното документиране на информация е създавало само по себе си предизвикателства в управлението на разходите на производствени проекти. Инвестицията на време и ресурси за набавянето на бази от данни за симулация в Монте Карло е била непосилна за малките и средни предприемачи и само големи организации са могли да си позволят съпътстващите разходи за едно такова начинание.

Днес, с развитието на електронното съхранение и пренос на информация в рамките на производствения процес, както и извън него, събирането и обработването на данни, необходими за изграждане и симулиране на рисковете и разходите по процеса на производството чрез симулация в Монте Карло, е значително по-евтино и по-лесно от преди. С не толкова сложни софтуерни инструменти, които лесно работят на настолен компютър, например Microsoft Excel, а не на многоетажен сървър, симулациите на Монте

Карло са възможни и предоставят бърз и изчерпателен набор от инструменти за анализ. В днешно време ползата от този анализ е вече достъпна както за големите така и за малките и средни предприятия.

Има много предизвикателства, когато става въпрос за този сложен процес. Но пък от друга страна моделът е приложим в почти всички МСП при правилно подреждане на входящите данни от производствената матрица и правилно позициониране на променливите производствени индекси. Симулацията има възможност да бъде приложена и в по-простичката си форма, където се отчита само малък набор от най-важните и с най-голяма волатилност променливи производствени разходи, но също така би могла да се приложи и при по-сложен модел, отчитащ голям брой взаимно свързани разходни групи. Моделът е проектиран да работи в един сложен непрекъснат производствен цикъл, разделен на отделни проектни поръчки, но по-нататъшните изследвания в тази област могат да позволят да се насочи и върху използването на симулация при планиране на производството на продукти със сезонен и цикличен характер.

Литература:

1. **Antonov, A., Demirova S.,** Monte Carlo simulation in risk assessment in mathematical generation of long data, MATEC Web of Conferences 387, 9th International BAPT Conference “Power Transmissions 2023”, Varna, Bulgaria, September 4-7, 2023
2. **Bowser, D.M., Henry, B.F. & McCollister, K.E.** (2021) Cost analysis in implementation studies of evidence-based practices for mental health and substance use disorders: a systematic review. Implementation Sci 16, 26 (2021)
3. **Ella Anastasya Sinambela, Didit Darmawan,** PRODUCTION COST CALCULATION ANALYSIS USING VARIABLE COSTING METHOD, International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology 2022
4. **Grigoryan, L. H., Hakobyan, A. S.,** Production Cost Forecasting for a Given Volume of Output in Organizations: Case Study Based on Regression Model (2023)
5. Annual Report on European SMEs 2017/2018. The 10th anniversary of the Small Business Act. ISBN 978-92-79-96822-8, ISSN 2467-0162, DOI 10.2873/248745, European Union, 2018

6. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4066115, Correlated Monte Carlo Simulation using Cholesky Decomposition - SSRN.
7. <https://www.mi.government.bg/files/materialsme.pdf> - Създаване на благоприятна за иновациите бизнес среда за МСП
8. <https://www.mi.government.bg/general/klasificirane-na-vidovete-razhodi/>