

Т.В. БЛУДОВА,
д.е.н., професор
Є.М. ГАЛАХОВ,

аспірант, Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана

Моделювання оптимального попиту фріланс-заявок ІТ-підприємства за методом Монте-Карло

Проведено дослідження емпіричного ряду розподілу попиту фріланс-заявок на ІТ-підприємстві, що являється важливим фактором ефективності роботи фахівців ІТ-підприємства. Для застосування методу Монте-Карло для імітації випадкового процесу – попиту фріланс-заявок, представлених варіаційним рядом згенеровані послідовності випадкових чисел, причому їх щільність розподілу така, як і в законі розподілу, що розглядається. Для перевірки правильності гіпотези, що розподіл статистики попиту фріланс-заявок на ІТ-підприємстві підлягає під закон розподілу Пуассона, – використано критерій узгодженості Пірсона з рівнем значущості $\lambda = 0,05$. Це дозволило знайти кількість штатних працівників ІТ-підприємства шляхом розрахунку оптимальної їх кількості для ІТ-підприємства за методом Монте-Карло, що оптимізує потреби в кадрах для забезпечення ефективної роботи ІТ-підприємства.

Ключові слова: фріланс-заявка, ІТ-підприємство, попит, метод Монте-Карло, розподіл Пуассона.

Т.В. БЛУДОВА,
д.э.н., профессор
Е.М. ГАЛАХОВ,

аспирант, Киевский национальный
экономический университет им. Вадима Гетьмана

Моделирование оптимального спроса фриланс заявок ИТ-предприятия по методу Монте-Карло

Проведено исследование эмпирического ряда распределения спроса фриланс заявок на ИТ-предприятии, что является важным фактором эффективности работы специалистов ИТ-предприятия. Для применения метода Монте-Карло для имитации случайного процесса – спроса фриланс заявок, представленных вариационным рядом сгенерированные последовательности случайных чисел, причем их плотность распределения такая, как и в законе распределения, который рассматривается. Для проверки правильности гипотезы, что распределение статистики спроса фриланс заявок на ИТ-предприятии подпадает под закон распределения Пуассона, – использовано критерий согласованности Пирсона с уровнем значимости $\lambda = 0,05$. Это позволило найти количество штатных работников ИТ-предприятия путем расчета их оптимального количества для ИТ-предприятия по методу Монте-Карло, что оптимизирует потребности в кадрах для обеспечения эффективной работы ИТ-предприятия.

Ключевые слова: фриланс-заявка, ИТ-предприятие, спрос, метод Монте-Карло, распределение Пуассона.

T. BLUDOVA,
Doctor of Economics, professor,
E. GALAKHOV,

post-graduate student, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

Modeling the optimal demand for freelance-applications of the IT enterprise by the Monte Carlo method

The research on the empirical distribution range of the freelance-applications demand at the IT company has been carried out, which is an important factor of the IT professionals work efficiency. For the Monte Carlo method realization, for simulating the random process – the demand for freelance-applications represented by a variation series, the sequences of the random numbers was generated, moreover, their distribution density is the same as in the distribution law which is under consideration.

To verify the correctness of the hypothesis that the distribution of freelance applications demand statistics at IT company is subject to the Poisson distribution law, the Pearson criterion of consistency with a significance level of 0.05 was used.

This made it possible to find the number of IT company staff members by calculating their optimal number for IT company by using the Monte Carlo method, which optimizes the need in staff for ensuring the effective work of IT company.

Keywords: *Freelance–Application, IT Enterprise, Demand, Monte Carlo Method, Poisson Distribution.*

Постановка проблеми. Часто в реальних сценаріях через складність досліджуваної системи не завжди можливо оцінити її поведінку шляхом застосування аналітичних методів. В таких умовах існує альтернативний підхід змодельовувати таку систему через штучну реплікацію або імітацію моделювання. [1]. Імітаційні методи моделювання застосовуються в основному у виробничих системах, та в економіко–математичному моделюванні [2]. Зазначимо, що конкретне застосування методу Монте–Карло залежить від характеру ймовірного розподілу системи. Для застосування методу необхідно виконання наступних дій [3]:

Етап 1. Визначення розподілу можливих вхідних даних для кожної випадкової величини: Потрібно визначення базової ймовірності розподілу процесу. Це може бути безпосередньо очевидним або постає необхідність емпіричного спостереження досліджуваного процесу.

Етап 2. Генерування виходів випадковим чином з цих розподілів: потрібно вибором відповідного генератора випадкових чисел створити модель спостережуваного розподілу ймовірностей. Генератори випадкових чисел, як правило, доступні в більшості статистичних пакетів програмного забезпечення і Micro Soft Excel.

Етап 3. Виконання детермінованого обчислення з використанням набору виходів (етап 2): включає в собі обчислення потрібного вихідного змінного або змінних з генерованих випадкових чисел.

Стадія 4. Процес агрегації сукупного результату окремих обчислень в кінцевий результат: залежить від конкретного моделювання, але може бути простим, таким як обчислення середнього значення результатів моделювання.

Особливістю методу є те, що отримується в результаті моделювання інформація за своєю природою аналогічна тій інформації, яку можна було б отримати в процесі дослідження реальної системи, однак обсяг її значно більший і на її отримання витрачається менше коштів і часу. Звідси випливає ефективність використання методу моделювання,

а також висока точність і достовірність отриманих з його допомогою результатів в порівнянні з дослідженням реальної системи [3]. Метод Монте–Карло зробив і продовжує робити істотний вплив на розвиток методів обчислювальної математики і при вирішенні багатьох завдань успішно поєднується з іншими обчислювальними методами і доповнює їх. Його застосування виправдане в першу чергу в тих завданнях, які допускають теоретико–ймовірнісний опис. Це пояснюється як природність отримання відповіді з деякою заданою вірогідністю в задачах з ймовірнісним змістом, так і істотним спрощенням процедури вирішення [4].

На сьогодні ІТ–підприємства потребують постійного прийняття стратегічних рішень на перспективу в умовах конкуренції та ризиків у сфері ІТ–аутсорсингу, що вимагає впровадження механізмів управління, та сприяє моделювання їх фінансово–економічної діяльності. В цьому контексті фріланс сприяє розвитку конкурентних переваг і пошуку нових можливостей в нестабільних економічних умовах. Тому розробка економіко–математичного моделювання оптимального розміру штатних працівників ІТ–підприємства за допомогою імітаційного моделювання за методом Монте–Карло являється актуальною проблемою.

Мета статті. Системи і процеси, які можуть бути змодельовані за допомогою розподілу ймовірностей відкриті для імітаційного моделювання за допомогою методу Монте–Карло [5], що моделює поведінку системи, приймаючи набори випадкових чисел від основного розподілу ймовірностей досліджуваного процесу. Метою роботи є представлення за методом Монте–Карло дослідження інтервального статистичного ряду розподілу попиту фріланс–заявок на ІТ–підприємстві, обчислення числових характеристик та висунення гіпотези про підлеглість під закон розподілу Пуассона для визначення математичного сподівання випадкової величини, що дає можливість визначити оптимальну кількість штатних працівників ІТ–підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розвиток методу Монте–Карло спостерігається в роботі Станіслава Улама і Джона фон Неймана у 1940 в прикладних задачах атомної фізики, в яких застосування аналітичних методів було ускладненим, тому автори звернулися до випадкового експериментування для виявлення атрибутів системи та її поведінки [5].

Зауважимо, що технічну складність розрахунків, а також деякий модельний ризик можна віднести до недоліків методу Монте–Карло. Існує декілька програм, призначених для моделювання методом Монте–Карло. Серед них Crystal Ball компанії Decisioneering, Inc, Денвер, штат Колорадо. Зараз ця програма належить Oracle [4].

Завдання фінансової математики, і зокрема задачі розрахунку коригувань справедливої вартості xVA , часто зводяться до оцінки інтегралів. Зазвичай, задаючи динаміку факторів і комбінуючи портфелі інструментів, складають систему диференціальних рівнянь, яку завдяки застосуванню формули Фейнмана–Каца (Feynman–Kac) можна вирішити шляхом обчислення математичного очікування випадкової величини (в загальному випадку багатовимірної), визначеної на деякому імовірнісному просторі. Розрахунок математичного очікування можна звести до обчислення інтеграла. Метод Монте–Карло дуже добре зарекомендував себе для вирішення подібного роду завдань, особливо в разі високої розмірності.

Наприклад, система Riskology Демарко і Лістера, який ілюструє застосування методу Монте–

Карло для отримання інформації про запас часу, який необхідний для того, щоб подолати вплив всіх некерованих ризиків проекту, наведено в роботі [5]. Демарк і Лістер наводять свій список з п'яти найбільш важливих джерел ризиків будь-якого проекту розробки ПЗ: похибки планування; плінність кадрів; надто високі вимоги; порушення специфікацій; низька продуктивність праці [5]. Результатом ідентифікації ризиків повинен стати список ризиків з описом їх основних характеристик: причини, умови, наслідків та збитків. Результат моделювання за методом Монте–Карло (500 експериментів) представлений у вигляді гістограми розподілу терміну завершення оцінюваного проекту (рис. 1).

На рис. 1 по осі ОУ відкладається число прогонів в діапазоні, а по осі ОХ – дати завершення. На діаграмі також наведено кількість випадків, приблизно 80 з 500 прогонів, в яких проект, згідно з результатами моделювання, був скасований до свого завершення [5].

Виклад основного матеріалу. Зауважимо, що фріланс – це один із самих швидко набираючих популярність трендів в сучасному світі. Український ринок фрілансу зростає і розширюється, послуги таких фахівців стають більш затребувані. Насамперед, це стосується ІТ-фахівців. Наявність декількох проектів з одного боку формує постійну потребу в хорошій власній ІТ-команді, з іншого боку, безліч завдань дозволяє дуже ефективно розподіляти їх серед співробітників, використовуючи час розробників з максимальною ефективністю, бо проникнення інформацій-

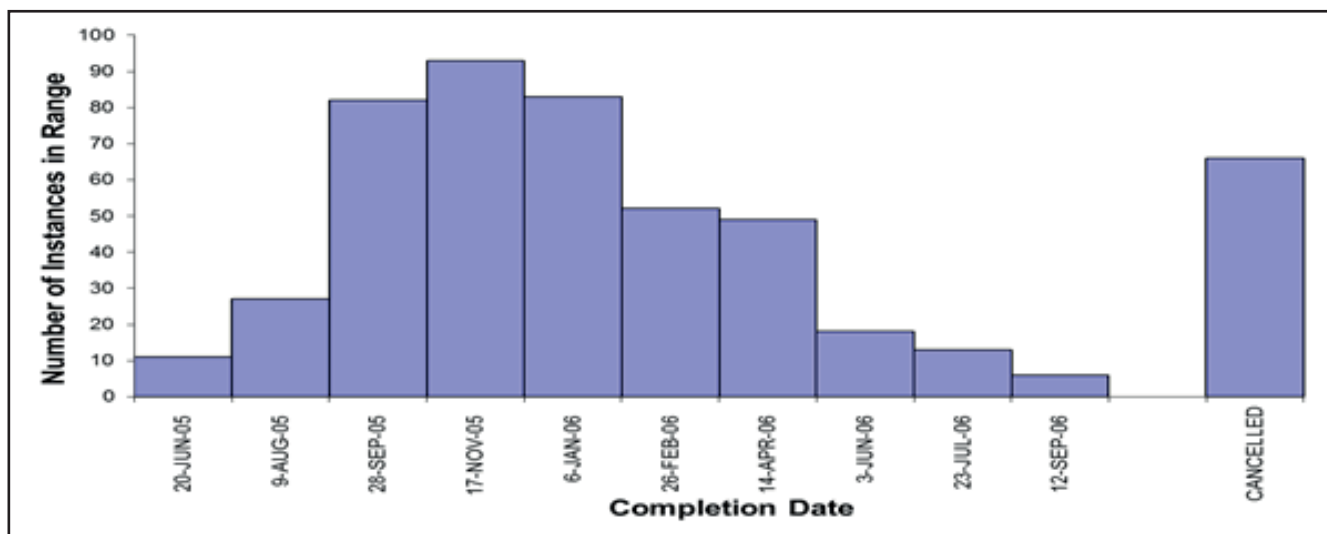


Рисунок 1. Гістограма розподілу можливого терміну завершення проекту за методом Монте–Карло [5]

них технологій зростає, як і кількість видів робіт, які можна виконувати віддалено. Українські фахівці високо цінуються і в світі, і на цих ринках, оскільки відрізняються порівняльною працездатністю, відповідальністю, професіоналізмом і низькою вартістю роботи [6].

На ІТ-підприємстві 10 штатних працівники одержують 10 дол. за годину. Якщо постає необхідність в допоміжних працівниках для оформлення заявок, то ІТ-підприємство миттєво дає заявку на фріланс-ресурс з такою ж оплатою (10 дол. за годину). Якщо ж трапляється перерва в роботі (з причини швидкого пошуку додаткового працівника), що затримує основний потік фріланс-заявок, то ІТ-підприємство зазнає збитки 60 дол. за год.

Для застосування методу Монте-Карло для імітації випадкового процесу – попиту фріланс-заявок, представлених варіаційними рядами в таблиці 1, враховуючи той факт, що частота попиту в сумі становить відповідно 100 годин, будемо генерувати послідовність випадкових чисел. Ці послідовності випадкових чисел появляються з імовірністю 0,01 від 1 до 100, причому

їх щільність розподілу така, як і в законі розподілу, що розглядається [7].

В таблці 2 представлено відповідність частоти і та кількості випадкових чисел для попиту фріланс-заявок.

Було проведено 100 експериментів. На (рис.2) представлена гістограма імітованого за методом Монте-Карло розподілу попиту фріланс-заявок

На (рис.3) представлено полігон відносних частот імітованого за методом Монте-Карло розподілу попиту фріланс-заявок за результатами 100 експериментів.

Висуваємо гіпотезу про розподіл Пуассона. Під статистичною гіпотезою розуміють різні передбачення щодо виду або параметрів розподілу випадкової перемінної, які можна перевірити, спираючись на результати спостережень у власне випадковій вибірці [10]. Статистична перевірка гіпотез носить ймовірний характер, так як їх висновки ґрунтуються на вивченні властивостей розподілу випадкової перемінної за даними вибірки, а тому завжди є ризик допустити помилку. Однак, з допомогою статистичної перевірки гіпотез можна визначити ймовірність прийнят-

Таблиця 1. Варіаційний ряд розподілу попиту фріланс-заявок

Попит на фріланс-заявки	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Сума: 130
Частота	2	4	4	8	10	12	12	12	10	10	8	6	2	Сума: 100

Джерело: розраховано автором

Таблиця 2. Відповідність частоти та кількості випадкових чисел для попиту фріланс-заявок

Частота попиту фріланс-заявок	2	4	4	8	10	12	12	12	10	10	8	6	2	100
Інтервал випадкових чисел	1-2	3-6	7-10	11-18	19-28	29-40	41-52	53-64	65-74	75-84	85-92	93-98	99-100	

Джерело: розраховано автором

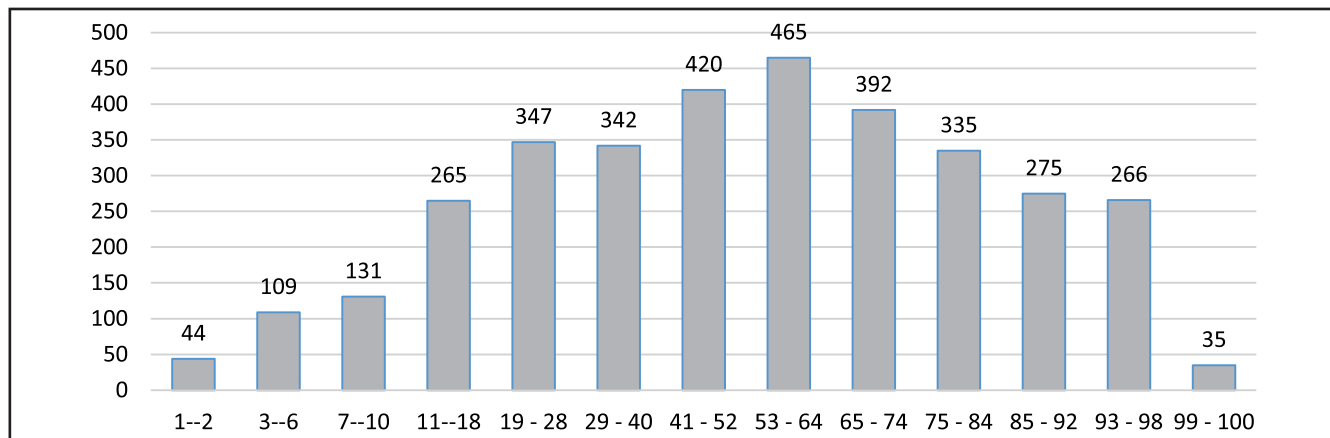


Рисунок 2. Гістограма частот імітованого за методом Монте-Карло розподілу попиту фріланс-заявок

Джерело: розраховано автором

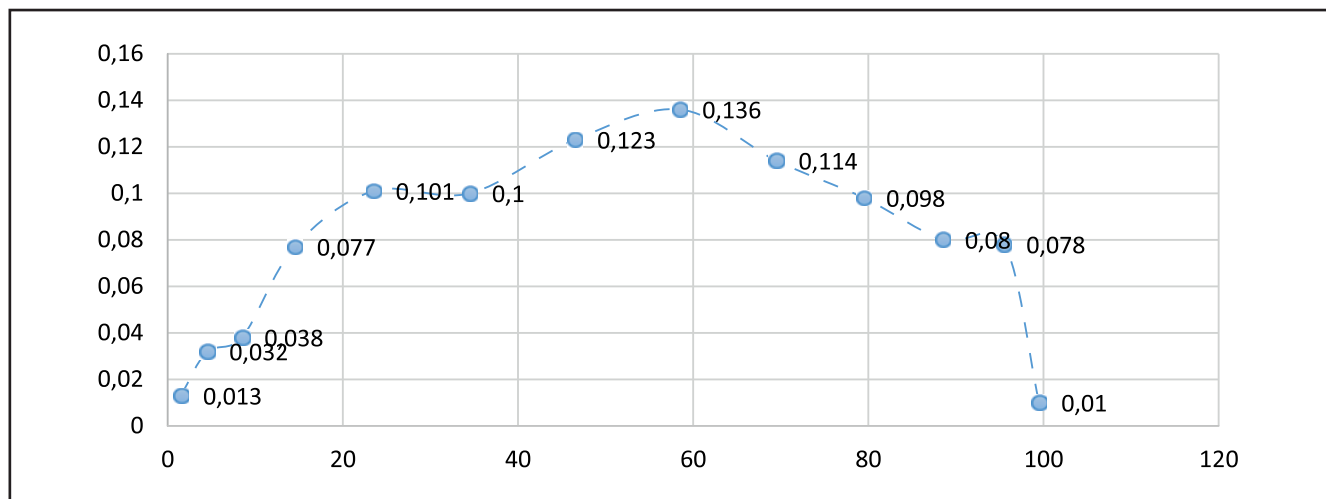


Рисунок 3. Полігон відносних частот імітованого за методом Монте-Карло розподілу попиту фріланс-заявок

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3. Розрахунок показників для емпіричного розподілу попиту фріланс-заявок за результатами 100 експериментів

Групи	Середина інтервала, x_i	f_i	$x_i * f_i$	Накопичена частота, S	$ x - x_{cp} * f_i$	$(x - x_{cp})^2 * f_i$	Частота, f_i/f
1 – 2	1.5	44	66	44	2236.718	113702.445	0.0128
3 – 6	4.5	109	490.5	153	5213.961	249407.203	0.0318
7 – 10	8.5	131	1113.5	284	5742.32	251711.714	0.0382
11 – 18	14.5	265	3842.5	549	10026.143	379334.106	0.0773
19 – 28	23.5	347	8154.5	896	10005.572	288505.669	0.101
29 – 40	34.5	342	11799	1238	6099.399	108779.742	0.0998
41 – 52	46.5	420	19530	1658	2450.49	14297.388	0.123
53 – 64	58.5	465	27202.5	2123	2866.957	17676.221	0.136
65 – 74	69.5	392	27244	2515	6728.876	115504.509	0.114
75 – 84	79.5	335	26632.5	2850	9100.442	247218.055	0.0978
85 – 92	88.5	275	24337.5	3125	9945.512	359684.415	0.0803
93 – 98	95.5	266	25403	3391	11482.023	495627.244	0.0776
99 – 100	99.5	35	3482.5	3426	1650.792	77860.451	0.0102
Всього		3426	179298		83549.205	2719309.162	1

Джерело: розраховано автором

тя помилкового висновку. Якщо його ймовірність незначна, то вважається, що застосований критерій забезпечує малий ризик помилки.

В таблиці 3 представлено розрахунок показників для оцінювання ряду розподілу попиту фріланс-заявок за результатами 100 експериментів [8].

Використовуючи дані таблиці 3 знаходимо основні числові характеристики: вибірку середню (52,335); моду (57,19), медіану (54,3). Визначимо квартилі (значення ознаки в ранжованому ряду розподілу, щоб 25% одиниць сукупності будуть менші за $Q_1=26,96$; 25% будуть між $Q_1=26,96$ і $Q_2=54,3$ (співпадає з медіаною); 25% між $Q_2=54,3$ і $Q_3=76,46$, інші – більші за $Q_3=76,46$.

Квартильний коефіцієнт диференціації $k = Q_1 / Q_3 = k = 26.98 / 76.46 = 0.35$. Знайдемо децилі (значення ознаки в ранжованому ряду розподілу, щоб 10% одиниць сукупності будуть менші за $D_1=12,55$, 80% будуть між $D_1=12,55$ і $D_9=90,94$, інші 10% – більші за D_9) [9].

Знайдемо середній квадрат відхилення за способом моментів (табл. 2).

Згідно таблиці 4, маємо вибірку середню $(-3017,57 * 7 / 3426) - 58,5 = 52,335$; дисперсію $58153,94 * 49 / 3426 - 52,335 - 58,5)^2 = 793,73$, середнє квадратичне відхилення (28,173), асиметрія (-0,0856), ексцес (-1,17). Довірчий інтервал для генерального середнього: (52,335 –

Таблиця 4. Обчислення за способом моментів

x_i	$x \cdot i$	$x \cdot i^2$	$[x \cdot i]^2 f_i$
1.5	-8.1428571428571	-358.28571428571	2917.4693877551
4.5	-7.7142857142857	-840.85714285714	6486.612244898
8.5	-7.1428571428571	-935.71428571429	6683.6734693878
14.5	-6.2857142857143	-1665.7142857143	10470.204081633
23.5	-5	-1735	8675
34.5	-3.4285714285714	-1172.5714285714	4020.2448979592
46.5	-1.7142857142857	-720	1234.2857142857
58.5	0	0	0
69.5	1.5714285714286	616	968
79.5	3	1005	3015
88.5	4.2857142857143	1178.5714285714	5051.0204081633
95.5	5.2857142857143	1406	7431.7142857143
99.5	5.8571428571429	205	1200.7142857143
0	-8.3571428571429	-0	0
		-3017.5714285714	58153.93877551

Джерело: розраховано автором

0.944;52.335 + 0.944) = (51.39;53.28). Довірчий інтервал для дисперсії: (10652.92;17861.87). Довірчий інтервал для середньо квадратичного відхилення: (28.177;28.177)

Перевіримо гіпотезу про розподіл Пуассона [10]. Приймаємо для оцінки параметра λ вибірково середню $x_{sp} = 52.335$. Отже, закон Пуассона має вигляд:

$$p_i = \frac{52,335^i}{i!} \cdot e^{-52,335}$$

За критерієм Пірсона, критична область правостороння: $[K_{кр}; +\infty)$. Її границя знаходиться $K_{кр} = \chi^2(k-r-1; \alpha) : K_{кр}(0.05;9) = 16.91898$; $K_{спост.} = 0$. Отже: $K_{спост.} < K_{кр}$, тому дані вибірки мають розподіл Пуассона. Вибіркова середня попадає в інтервал випадкових чисел (52;64), що відповідає частоті попиту фріланс-заявок, що дорівнює 12.

Висновки

Отже, постає необхідність у двох допоміжних працівниках для оформлення заявок. З іншого боку ІТ-підприємство може миттєво давати в середньому 2 заявки за годину на фріланс-ресурс з такою ж оплатою (10 дол. за годину). Разом з тим, тут присутній ризик, якщо ж не вдається миттєво знайти фріланс-ресурс, то затримується основний потік фріланс-заявок, то ІТ-підприємство зазнає збитки 120 дол. за 2 год. Ці питання можна оптимізувати, якщо розглянути відповідний ряд розподілу пропозиції фріланс-заявок ІТ-підприємства.

Таким чином шляхом аналізу попиту проведено розрахунок оптимальної кількості штатних працівників малого ІТ-підприємства за методом Монте-Карло, що оптимізує потреби в кадрах для забезпечення ефективної роботи ІТ-підприємства.

Список використаних джерел

1. Robinson, S. (2004) Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley and Sons, Chichester.
2. Вилсон У.Л. Microsoft Excel: анализ данных и построение бизнес-моделей / У.Л. Вилсон; пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2005. – 576 с.
3. Мур Д. Экономическое моделирование в Microsoft EXCEL / Д. Мур, Л.П. Уэдерфорд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1024 с.
4. Ермаков С.М. Методы Монте-Карло и смежные вопросы / С.М.Ермаков. – М.: Наука, 1975. – 471 с.
5. Singh, V.P. (2009) System Modelling and Simulation. New Age International Publishers, New Delhi.
6. Лабжанія Р. Г. Тенденції та перспективи розвитку ІТ-аутсорсингу в Україні / Р. Г. Лабжанія // Бізнес Інформ. – 2013. – № 10. – С. 156 – 161.
7. Sokolowski, J.A. (2010) Monte Carlo Simulation. In: Sokolowski, J.A. and Banks, C.M., Eds., Modelling and Simulation Fundamentals: Theoretical Underpinnings and Practical Domains, Wiley & Sons Inc., New Jersey, 131–145.
8. Metropolis, N. and Ulam, S. (1949) The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association, 44, 335–341. <http://www.amstat.org/publications/journals.cfm>

9. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. для вузов / В.Е.Гмурман. – 11-е изд. – М.: Высш. школа., 2005. – 479с.

10. Блудова Т. В. Теорія ймовірностей : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т. В. Блудова; ред.: В. С. Мартиненко; НБУ. Львів. банк ін-т. – Л.: ЛБІ НБУ, 2005. – 318 с.

УДК 338.436.33:339.137.2:636.034

Л.М. ЗАКРЕВСЬКА,

к.е.н., доц., Національний університет харчових технологій

Оцінка рівня конкурентоспроможності продукції підприємств молочної промисловості з урахуванням їх потенційної спроможності

Стаття присвячена обґрунтуванню доцільності адаптації методичних підходів оцінки потенціалу підприємств до оцінки рівня конкурентоспроможності їх продукції. На основі практичного застосування графічного методу та методу набору конкурентоспроможних елементів оцінено потенційні можливості розвитку молокопереробних підприємств.

Ключові слова: конкурентоспроможність, конкурентоспроможність продукції, потенційна спроможність, потенціал підприємств, конкурентоспроможні елементи.

Л.Н. ЗАКРЕВСКАЯ,

к.э.н., доц., Национальный университет пищевых технологий

Оценка уровня конкурентоспособности продукции предприятий молочной промышленности с учетом их потенциальной способности

Статья посвящена обоснованию целесообразности адаптации методических подходов оценки потенциала предприятий к оценке уровня конкурентоспособности их продукции. На основе практического применения графического метода и метода набора конкурентоспособных элементов оценены потенциальные возможности развития молокоперерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: конкурентоспособность, конкурентоспособность продукции, потенциальная способность, потенциал предприятий, конкурентоспособные элементы.

L. ZAKREVSKA,

Candidate of economic sciences, National University of Food Technologies

Estimation of the level of competitiveness of dairy industry enterprises taking into account their potential capacity

The article is devoted to the substantiation of expediency of adaptation of methodical approaches to assessing the potential of enterprises to assess the level of competitiveness of their products. On the basis of the practical application of the graphic method and the method of the selection of competitive elements, potential opportunities for the development of dairy enterprises are estimated.

Keywords: competitiveness, competitiveness of products, potential ability, potential of enterprises, competitive elements.

Постановка проблеми. Розвиток економічних відносин вимагає від вітчизняних підприємств забезпечення випуску якісної та конкурентоспроможної продукції. Зважаючи на сучасні умови господарювання та низький рівень купівельної спроможності населення, більшість виробників продуктів харчування знаходяться в тяжкому фінансовому становищі, що зумовлено низьким рівнем застосування новітніх технологій, невели-

кими обсягами інвестицій, низькою кваліфікацією менеджерів, високим рівнем морального і фізичного спрацювання основних засобів тощо. Від успішного вирішення проблем підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняної продукції залежить не лише покращення фінансового стану українських підприємств, а й економічна безпека країни. Тому оцінюючи рівень конкурентоспроможності товарів, варто враховувати їх потенційну