

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

УДК 004.89, 004.67

КУЛАКОВСЬКА Інесса Василівна

к.ф.-м.н., старший викладач кафедри Інтелектуальних інформаційних систем
Чорноморського державного університету ім. Петра Могили.

Наукові інтереси: алгебра й теорія чисел, криптографія, дискретна математика, математична логіка, інформаційні технології, математичні моделі, дослідження операцій, методи оптимізації, логістика.

e-mail: kulaknic@ukr.net

ВСТУП Й ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Головною особливістю інформаційної технології підтримки прийняття рішень є якісно новий метод організації взаємодії людини і комп'ютера. Вироблення рішення, що є основною метою цієї технології, відбувається в результаті ітераційного процесу, в якому беруть участь:

- система підтримки прийняття рішень в ролі обчислювальної системи і об'єкта управління;
- людина як керуюча ланка, що задає вхідні дані і оцінює результат отриманий на комп'ютері.

Теоретична цінність дослідження полягає у вдосконаленні відомих підходів до управління запасами в логістичних системах з врахуванням процесів природнього убутку продукцій та розробці моделі, яка враховує невизначеність факторів попиту, вартості виготовлення, ціни реалізації та використання упаковки. Розгляд всіх альтернатив є однією з найбільш трудомістких задач, тому можна зробити висновки про те що використання засобів обчислювальної техніки та інформаційних технологій обробки даних дозволить значно підвищити продуктивність та ефективність розрахункових операцій та надійність прийняття рішень. Представлені спеціальні модифікації традиційних критеріїв вибору, які дозволяють ефективно адаптувати найкращий вибір альтернативи для особи, яка приймає рішення (ОПР).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У [1] розглянуто методи та моделі аналізу і вибору ефективних рішень в умовах невизначеності для систем логістики. Приділяється увага їх специфіці стосовно завдань управління запасами в умовах невизначеності. Аналізуються аномальні феномени «блокувань» вибору альтернатив при оптимізації таких систем. Представлені спеціальні модифікації традиційних критеріїв вибору, які дозволяють усувати зазначені феномени, щоб більш ефективно адаптувати найкращий вибір альтернативи для особи, яка приймає рішення. Ілюструються методи аналізу та оптимізації таких систем з урахуванням тимчасової вартості грошей.

В [2] детально висвітлюються питання якісного та кількісного аналізу ризику економічної діяльності підприємств, система кількісних показників ризику, основні засади моделювання та управління ризиком. Значна увага приділяється багатоцільовим і багатокритеріальним ігровим моделям. Описується інструментарій, необхідний для аналізу, прийняття рішень і раціонального управління об'єктом ризику в низці господарських задач. Запропоновано математичне моделювання багатьох проблем сучасної ринкової економіки, які характеризуються динамічністю, невизначеністю, конкуренцією, мобільністю ресурсів, процесами пов'язаними з оподаткуванням. Проте модель з враху-

ванням процесу природного убутку в умовах невизначеності обсягів споживання не розглянута.

У статті [3] розглядалися моделі в рамках класичної теорії управління запасами, але аналізувалися не процедури прийняття рішень в умовах невизначеності, а особливості моделі управління запасами в логістичних системах. В статті [4] проаналізовано класичний підхід до математичних моделей та систем управління запасами; враховано особливості процесу природного убутку для розрахунку матриці корисності для вибору найбільш ефективного варіанту організації роботи логістичної системи; побудовано математичну модель щодо розподілу товарних запасів та підтримки їх раціонального рівня в системах в умовах невизначеності. В моделі управління запасами були визначені формули для обчислення прибутку з урахуванням природного убутку, але нерозглянуті конкретні сценарії для випадкових подій та альтернативи, які впливають на вибір сценарію прийняття рішень.

Метою роботи є розробка економіко-математичних моделей та науково обґрунтованих рекомендацій для підвищення ефективності прийняття рішень для моделі управління запасами в умовах невизначеності. У форматі моделі управління запасами в умовах невизначеності завдання оптимізації має бути формалізованим не як завдання мінімізації загальних (сумарних) річних витрат, а як завдання максимізації кінцевого економічного результату.

Розроблений програмний продукт дозволить ОПР, які працюють в даній сфері, проводити розрахунки автоматично, цим самим скоротити витрати часу, необхідного для проведення розрахунків та зменшить кількість помилок, яких можуть припуститися фахівці.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

В рамках теорії прийняття рішень в умовах невизначеності задача вибору оптимальних рішень повинна бути формалізована на основі її подання за допомогою матриці корисності. Для побудови матриці корисності особі, яка приймає рішення (ОПР), необхідно визначити:

- 1) повну групу випадкових подій, що впливають на кінцевий економічний результат;
- 2) перелік аналізованих альтернативних рішень.

При оптимізації моделі управління запасами все більш необхідними стають методи теорії прийняття рішень в умовах невизначеності. Це зумовлено насамперед необхідністю обліку впливу різних зовнішніх випадкових факторів, для яких ймовірності настання невідомі. Формат задач оптимізації систем управління запасами в умовах невизначеності «повертає до життя» багато традиційних формули теорії управління запасами, використання яких вважалося часто недоцільним. Дійсно, методологія теорії прийняття рішень в умовах невизначеності припускає формалізацію сценарного підходу (для параметрів, значення яких заздалегідь невідомі). У форматі конкретних сценаріїв для випадкових подій менеджеру якраз і потрібні класичні формули, щоб орієнтувати ОПР на формалізацію економічно обґрунтованих стратегій, серед яких потрібно знайти оптимальне рішення. Ці формули допомагають менеджеру визначати елементи так званої матриці корисностей.

Таблиця 1 –

Структура матриці корисностей

	X_1	X_2	...	X_j	...	X_{12}
Ω_1	$P_{1,1}$	$P_{1,2}$		$P_{1,j}$		$P_{1,12}$
Ω_2	$P_{2,1}$	$P_{2,2}$		$P_{2,j}$		$P_{2,12}$
...						
Ω_i	$P_{i,1}$	$P_{i,2}$		$P_{i,j}$		$P_{i,12}$
...						
Ω_{16}	$P_{16,1}$	$P_{16,2}$		$P_{16,j}$		$P_{16,12}$

В форматі моделі управління запасами в умовах завдання оптимізації повинне бути формалізоване не як задача мінімізації загальних (сумарних) річних витрат, а як завдання максимізації кінцевого економічного результату. При цьому оптимальний розмір замовлення, при конкретному сценарії розвитку подій (коли всі параметри моделі у форматі окремого сценарію формалізовані) необхідно визначати за формулою Харріса - Вілсона, або формулою економічного (оптимального) розміру замовлення:

$$q_{EOQ}^* = \sqrt{\frac{2 * C_0 D_j}{C_h + \alpha C_s^i \Delta \epsilon}} \quad (1)$$

де ϵ_n – початкове значення норми природного убутку,%; $\Delta \epsilon$ – зсування норми природного убутку за добу,%; D_j – річне споживання продукції; q^* – розмір замовлення (при розрахунку використовуємо модифікації EOQ); T – період зберігання продукції (дорівнює

інтервалу часу між поставками), діб; C_0 – витрати на поповнення запасу для кожної поставки; C_h – собівартість зберігання одиниці продукції; C_n – собівартість виробництва одиниці продукції; C_s^i – ціна реалізації одного тарного місця на момент початку періоду T між поставками для i дистриб'ютора.

Вид цільової функції в форматі зазначеної вище задачі оптимізації для кожного сценарію буде змінюватися, як і формула для економічного розміру замовлення. Отримуємо вираз:

$$Pr = Pr(q) = \left[C_s - C_s \left(\varepsilon_n + \Delta \varepsilon \frac{T}{2} \right) \right] D - \left(C_0 \frac{D}{q} + C_h \frac{q}{2} + C_n D \right) \quad (2)$$

Визначимо формальні параметри моделі управління запасами, які приймають в якості невизначених:

- річне споживання продукції D ;
- собівартість виробництва одиниці продукції C_n ;
- ціна реалізації одиниці продукції C_s ;
- понижуючий коефіцієнт виручки α .

Для визначення очікуваного прибутку використовуємо формулу представлену у вигляді:

$$Pr = \alpha D C_s - \alpha D C_s \varepsilon_n - \alpha C_s \Delta \varepsilon \frac{q}{2} - C_0 \frac{D}{q} - C_h \frac{q}{2} - C_n D \quad (3)$$

При формалізації оптимізаційної моделі, щоб уникнути громіздких побудов для кожного з вказаних параметрів будемо враховувати тільки два сценарії (рис. 2).

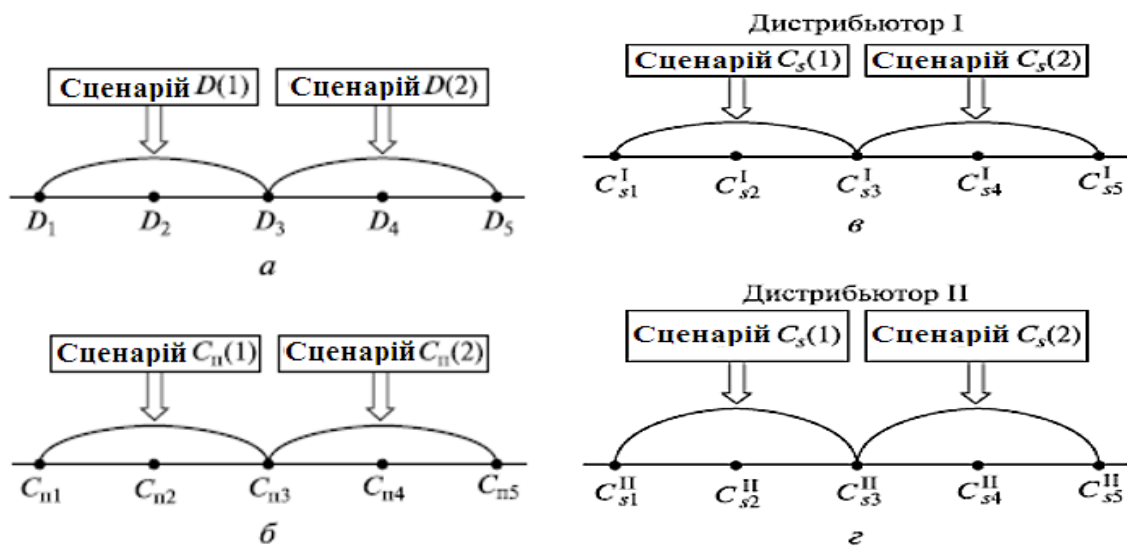


Рисунок 1 – Межі можливих змін річного споживання (а), собівартості виробництва одиниці продукції (б), ціни її реалізації для першого (в) та другого (з) дистриб'юторів

Для знаходження оптимального рішення в умовах невизначеності спочатку потрібно формалізувати повну групу випадкових подій, що впливають на кінцевий економічний результат. В нашому випадку група містить 16 подій. У розглянутій ситуації перелік альтернативних рішень включає 12 рішень: $[X1, X2, \dots, X12]$. Формалізація рішень, а також модифікація формули (1) для визначення оптимального розміру замовлення у форматі кожного з рішень представлені нижче. Далі для визначеності при розрахунках прибутку (елементів матриці корисностей) використовуємо середини інтервалів заданого діапазону для зміни параметрів моделі

в рамках конкретного сценарію, формалізованого в матриці корисностей (показники річного споживання і ціни реалізації продукції). Рішення ОПР передбачають: вибір дистриб'ютора (стратегії реалізації продукції), прийняття рішення про використання / відмову від використання захисної упаковки з багат шарових плівок. Задача знаходження найкращого рішення при управлінні запасами в умовах невизначеності формалізована на основі методу дерева рішень. Фрагмент дерева рішень для поставленої задачі представлений на рис. 3.

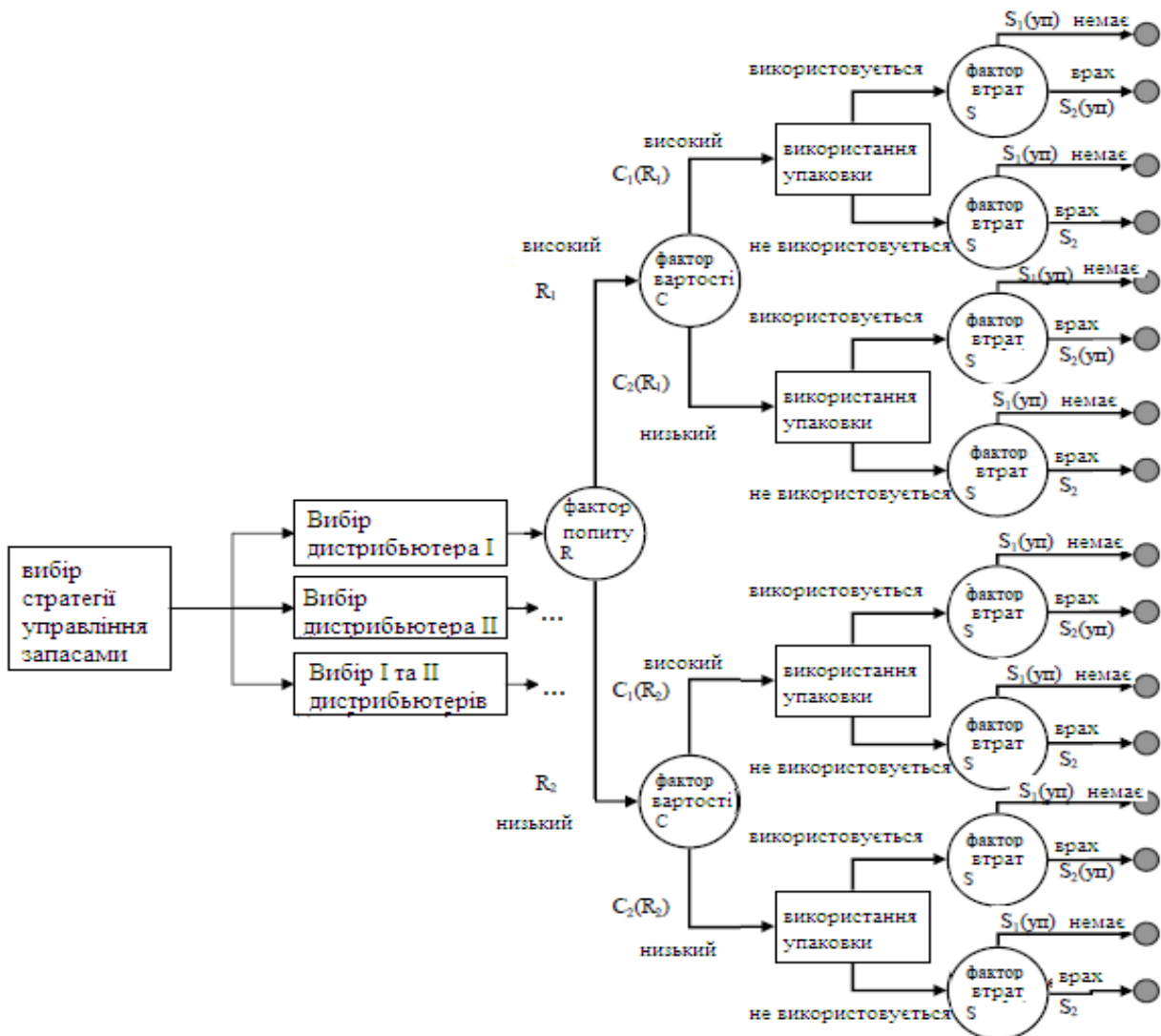


Рисунок 2 – Фрагмент дерева рішень (реалізація продукції через дистриб'ютера I)

Для знаходження оптимального рішення в умовах невизначеності потрібно формалізувати перелік аналізованих альтернативних рішень. Відповідні

альтернативні рішення задаються ОПР. Для нашого прикладу вхідні данні моделі наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметр	Познач	Знач	D1	D2	D3	D4	D5
Рчне споживання в тарних місцях-коробах, шт	D		15000	23750	32500	41250	50000
Витрати на зберігання	Ch	6.97					
Витрати на оформлення поставки	Co	14					
Собівартість виробництва одиниці продукції	Cn		15	17.5	20	22.5	25
вартість упаковки	dCn уп	0.95					
витрати на упаковку в ціні продукції	dCs уп	1.05					
Ціна реалізації I дистриб'ютору	CsI		20	22.5	25	27.5	30
Ціна реалізації II дистриб'ютору	CsII		22	25	28	31	34

В рамках алгоритму, який ми моделюємо, формулу (3) для P_i потрібно модифікувати на основі правил фінансового аналізу. Такі правила обумовлюють врахування особливостей процедури, які регламентують вибір показників C, D, q і a .

— значення показника C_s (ціна реалізації одиниці продукції) визначається саме відповідним сценарієм в рамках конкретної події θ_i .

— значення показника D (річне споживання) також визначається саме відповідним сценарієм в рамках конкретної події θ_i .

— значення показника q (розмір замовлення) визначається саме відповідним рішенням ОПР, яке формалізовано в матриці корисностей як рішення X_j .

— значення показника a (знижуючий коефіцієнт для виручки, що дозволяє враховувати втрати, що обумовлюються претензіями до якості продукції) визначається як відповідним рішенням ОПР (з урахуванням вибору конкретного постачальника), так і відповідним сценарієм для зазначеного показника в рамках конкретної події θ_i .

Розглянемо отриману матрицю корисності з врахуванням всіх факторів невизначеності.

Таблиця 3 –

Матриця корисності для розглянутих початкових даних

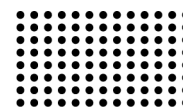
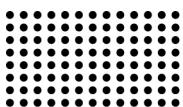
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Ω_1	104.7	145.0	249.5	104.7	145.0	249.5	182.9	252.8	435.4	182.9	252.8	435.4
Ω_2	-14.0	26.3	12.0	-14.0	26.3	12.0	-23.4	46.6	22.9	-23.4	46.6	22.9
Ω_3	220.9	280.1	500.7	220.9	280.1	500.7	384.6	487.5	871.6	384.6	487.5	871.7
Ω_4	102.1	161.4	263.2	102.1	161.3	263.2	178.3	281.2	459.1	178.3	281.2	459.2
Ω_5	83.4	145.0	228.2	83.4	145.0	228.2	145.8	252.8	398.3	145.8	252.8	398.4
Ω_6	-35.3	26.3	-9.3	-35.3	26.3	-9.3	-60.4	46.6	-14.2	-60.4	46.6	-14.1
Ω_7	194.8	280.1	474.6	194.8	280.1	474.7	339.3	487.5	826.4	339.3	487.5	826.4
Ω_8	76.0	161.4	237.1	76.0	161.3	237.2	133.0	281.2	413.9	133.0	281.2	413.9
Ω_9	104.7	85.8	190.2	104.7	85.8	190.3	182.9	149.9	332.5	182.9	149.9	332.5
Ω_{10}	-14.0	-33.0	-47.3	-14.0	-33.0	-47.2	-23.4	-56.3	-80.0	-23.4	-56.3	-80.0
Ω_{11}	220.9	206.6	427.2	220.9	206.6	427.3	384.6	359.9	744.1	384.6	359.9	744.1
Ω_{12}	102.1	87.9	189.7	102.1	87.9	189.8	178.3	153.6	331.6	178.3	153.6	331.6
Ω_{13}	83.4	85.8	168.9	83.4	85.8	169.0	145.8	149.9	295.4	145.8	149.9	295.5
Ω_{14}	-35.3	-33.0	-68.6	-35.3	-33.0	-68.5	-60.4	-56.3	-117.1	-60.4	-56.3	-117.0
Ω_{15}	194.8	206.6	401.2	194.8	206.6	401.2	339.3	359.9	698.8	339.3	359.9	698.8
Ω_{16}	76.0	87.9	163.7	76.0	87.9	163.7	133.0	153.6	286.3	133.0	153.6	286.3

АНАЛІЗ РІШЕНЬ

Для знаходження оптимального рішення в умовах невизначеності на останньому кроці потрібно реалізувати вибір на основі конкретного критерію. Теорія прийняття рішень в умовах невизначеності пропонує широкий вибір критеріїв, які дозволяють менеджеру врахувати різні типи можливих переваг ПР у форматі завдань оптимізації зазначеного типу. Процедури вибору оптимального рішення були реалізовані по наступним критеріям: максимін (ММ) критерій, оптимістичний (Н) критерій, нейтральний (N) критерій, критерій Севіджа (S), критерій Гурвіца (НВ). Процедури вибору

на основі ММ-критерію, Н-критерію, N-критерію і НВ-критерію представлені в табл. 4.

У першому рядку табл. 4 представлені значення ММ-критерію для аналізованих рішень (вибираємо мінімальні значення для кожного розглянутого рішення). Максимальне з них (-32966) і відповідає рішенню X2 (виділено жирним шрифтом). Це рішення і є оптимальним по ММ-критерію. У другому рядку табл. 4 представлено значення Н-критерію для аналізованих рішень (вибираємо максимальні значення для кожного розглянутого рішення). Максимальне з них (871711) і відповідає рішенню X12 (виділено жирним шрифтом). Це рішення і є оптимальним по Н-критерію. У третьому рядку табл. 4 представлено значення N-критерію для



аналізованих рішень (середні арифметичні значення елементів матриці корисностей для кожного розглянутого рішення). Максимальне з них одно (369102) і відповідає рішенню X12. Це рішення є оптимальним по N-критерію.

У наступних рядках табл. 4 представлені значення HW-критерію для аналізованих рішень при різних зна-

ченнях коефіцієнта s . Зазначений критерій задається ОПР і характеризує його довіру до вибору по MM-критерієм, значення (1- s) характеризує довіру ОПР до вибору по N-критерієм. Інші критерії розглянуті в програмній реалізації моделі врахування особливостей процесу природного убутку в умовах невизначеності.

Таблиця 4 –

Вибір найкращого рішення за допомогою MM, H, N критерію та критерію Гурвіца (HW)

Критерій	X1	X2	X3	X4	X5	X6
MM	-35.3	-33.0	-68.6	-35.3	-33.0	-68.5
H	220.9	280.1	500.7	220.9	280.1	500.7
N	91.6	120.0	211.3	91.6	120.0	211.4
HW(0.9)	-9.7	-1.7	-11.7	-9.7	-1.7	-11.6
HW(0.5)	92.8	123.6	216.0	92.8	123.6	216.1
HW(0.1)	195.2	248.8	443.7	195.2	248.8	443.8
Критерій	X7	X8	X9	X10	X11	X12
MM	-60.4	-56.3	-117.1	-60.4	-56.3	-117.0
H	384.6	487.5	871.6	384.6	487.5	871.7
N	160.0	209.4	369.0	160.0	209.4	369.1
HW(0.9)	-15.9	-1.9	-18.2	-15.9	-1.9	-18.2
HW(0.5)	162.1	215.6	377.3	162.1	215.6	377.3
HW(0.1)	340.1	433.1	772.8	340.1	433.1	772.8

Розв'язання задачі за допомогою комплексу програм спеціального призначення, який розроблений саме для розрахунку моделі управління запасами в умовах невизначеності з врахуванням процесів природного убутку продукції та аналізу за кількома класичними критеріями для вибору найкращої альтернативи є доцільним. Менеджер (ОПР) вводить вхідну інформацію і отримує в оперативному порядку рекомендації. Щоб пересвідчитись в правильності прийнятого рішення не достатньо використати лише один критерій максимальності прибутку, треба для точності зробити порівняння з іншими класичними критеріями теорії прийняття рішень. Використовувались критерії: мінімакний (MM) критерій, критерій Байєса-Лапласа (BL), критерій Севіджа (S), критерій Гурвіца (HW), критерій Ходжа-Лемана (HL), критерій Гермеєра (G), та критерій добутків (П). На базі результуючої таблиці можна зробити висновок про коректність вибраного рішення.

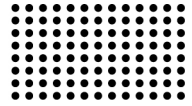
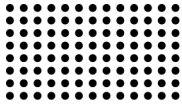
ВИСНОВКИ

Розроблено методичні рекомендації з управління запасами в умовах ризику і невизначеності для ланцю-

гів поставок підприємств, основою для яких послужила модифікована формула Харріса-Уілсона (дозволяє враховувати специфіку продукції, схильність продукції процесам природного убутку та можливість застосування упаковки з багатшарових плівок) і формалізовані основні фактори ризику та невизначеності. Вони дозволяють враховувати довільну кількість сценаріїв для кожного фактора ризику та невизначеності і можуть бути застосовні для вдосконалення стратегій управління запасами в різних галузях народного господарства.

Результати моделювання запропонованих сценаріїв управління запасами в умовах невизначеності підтверджують доцільність їх застосування для процедур прийняття рішень. Апробація моделі демонструє її ефективність, що підтверджено автором при розв'язанні задачі максимізації прибутку, зокрема при виборі оптимального розміру замовлення за модифікованою формулою Харріса-Уілсона з множини існуючих альтернативних варіантів.

Результати програмної реалізації запропонованих методів обробки інформації при розв'язанні багаток-



ритерійних задач прийняття рішень підтверджують ефективність їх застосування. Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що розроблений спеціальний програмний комплекс для експертизи сценаріїв управління запасами в умовах невизначено-

сті з врахуванням процесів природного убутку продукції, дозволяє в режимі реального часу більш надійно проводити експертизу, а також підготовлений програмний продукт дає можливість ОПР оптимізувати роботу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Brodeckij G.L. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v logistike: procedury optimizacii: ucheb. dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija /G.L. Brodeckij, D.A. Gusev. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2012. – 288 s. – (Ser. Bakalavriat).
2. Matematichni modeli ta metodi rinkovoї ekonomiki [Tekst]: praktikum / [V.V. Vitlins'kij ta in.]; Derzh. vishh. navch. zakl. "Kiiv. nac. ekon. un-t im. Vadima Get'mana". – K.: KNEU, 2014. – 362 s.
3. Kulakovskaja I.V. Ispol'zovanie informacionnyh tehnologij pri modelirovanii logisticheskikh sistem. Sbornik statej po materialam XV mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. – M.: Izd. «Mezhdunarodnyj centr nauki i obrazovanija», 2014. – 146 s. ISSN 2309-2238.
4. Kulakov's'ka I.V. Osoblivosti modeli upravlinnja zapasami v umovah nevznachenosti z urahuvannjam procesiv prirodnoho ubutku produkcii. //ChDU imeni Petra Mogili. Naukovi praci: Naukovo-metodichnij zhurnal. – 2014. – Vip. 238. T.250. Komp'juterni tehnologii. – 124 s.

Рецензент: *д.т.н., проф. М.Т. Фісун,
Чорноморський державний університет ім. Петра Могили.*